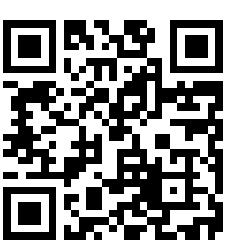
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com



Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

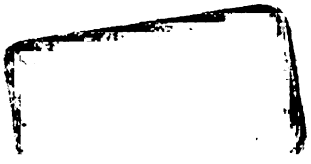
+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`

Digitized by Google

VI SW 16



Digitized by Google

ISTITUTO di FISICA
della R. UNIVERSITÀ - ROMA

Digitized by Google

Digitized by Google

Vol. VIII. GENNAIO-FEBBRAIO 1904 Fasc. 1°

ISTITUTO di FISICA
della R. UNIVERSITÀ - ROMA

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - 397, Corso Umberto I - ROMA

INDICE

COMUNICAZIONI.

N. 1. Alcune osservazioni sugli accumulatori a piombo. — Comunicazione dell'Ing. M. BONGHI. (Napoli) . . . . . *Pag.* 1

„ **2. Contributo allo studio delle oscillazioni pendolari proprie delle macchine sincrone.** — Comunicazione dell'Ing. G. SEMENZA. (Milano) 21

„ **3. Osservazioni e proposte per l'unificazione dei simboli.** — Comunicazione dell'Ing. G. REVESSI. (Roma) 39

„ **4. Studio dell'impianto idroelettrico proposto dalla Commissione municipale di Torino.** — Relazione della Commissione nominata dalla Sezione di Torino. (Torino). 46

„ **5. Elogio di Federico Pescetto.** — R. A. (Genova) 58

„ **6. Onoranze a Galileo Ferraris.** — (Torino) 62

NOTIZIE DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA.

Verbali delle Sedute tenute nelle varie Sezioni 1

AVVERTENZA. *I Soci che non avessero ricevuto il fascicolo precedente sono pregati di farne richiesta entro 15 giorni, in caso diverso non potranno ottenerlo che pagandone l'importo di L. 2.*

PROPRIETÀ LETTERARIA

ROMA
TIPOGRAFIA DELL'UNIONE COOPERATIVA EDITRICE
Via Federico Cesi, 45, Via E. Q. Visconti

1904

Digitized by Google

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - Corso Umberto I, 397 - ROMA

CONSIGLIO GENERALE.

Presidente: Prof. dott. Moisè Ascoli.

Vicepresidenti: Prof. ing. Luigi Lombardi - Prof. dott. Guido Grassi - Prof. ing. Luigi Zunini.

Segretario Generale: Ing. Riccardo Salvadori.

Cassiere: Ing. comm. Oreste Lattes.

Consiglieri rappresentanti le Sezioni di: **Bologna:** Ing. Enrico Cairo - Ing. Alfredo Donati; **Firenze:** Ing. Ernesto Corsini - Ing. Attilio Rampoldi; **Genova:** Ing. Giuseppe Cristoforis - Ing. Carlo Piaggio; **Milano:** Ing. Luigi Cauro - Ing. Domenico Civita - Ing. Emilio De Strens - Ing. Giuseppe Gadda - Ing. Alessandro Pan zarasa - Ing. Alessandro Scotti; **Napoli:** Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero) - Ing. Guido Sarti; **Palermo:** Prof. Damiano Macaluso; **Roma:** Ing. Emilio Costa - Ing. Federico Gentili - Dott. Riccardo Manzetti - Ing. Giuseppe Revessi; **Torino:** Ing. Emilio De Benedetti - Ing. cap. nob. Carlo De Sauteiron de St. Clément - Ing. Emilio Oliva - Ing. Raffaele Pinna.

CONSIGLI DELLE SEZIONI.

Bologna, Via Galliera, 14 - *Presidente:* Prof. Luigi Donati; *Vicepresidente:* Ing. Pietro Lanino; *Segretario:* Ing. Umberto Maccaferri; *Cassiere:* Ing. Barnaba Lanino; *Consiglieri:* Prof. Silvio Canevazzi - Ing. Salvatore Mariani - Ing. Rinaldo Rinaldi - Ing. Angelo Silva.

Firenze, Via dei Benci, 10 - *Presidente:* Prof. Luigi Pasqualini; *Vicepresidente:* Ing. Giorgio Santarelli; *Segretario:* Ing. Alberto Picchi; *Cassiere:* Ing. Attilio Rampoldi; *Consiglieri:* Prof. Eugenio Bazzi - Ing. Pietro Molfino - Ing. Domenico Spallicci - Prof. Guido Vimercati.

Genova, Via David Chiossone, 7 - *Presidente:* Prof. ing. Sereno Antonio Rumi; *Vicepresidente:* March. ing. Giacomo Reggio; *Segretario:* Ing. Giovanni Anfossi; *Cassiere:* Cav. Saverio Audisio; *Consiglieri:* Ing. Carlo Appelius - Ing. cav. Gustavo Dosmann - Ing. Salvatore Galliano - Ing. Domenico Sertorio.

Milano, Via San Paolo 10 - *Presidente:* Ing. Angelo Bertini; *Vicepresidente:* Ing. Giacinto Motta; *Segretario:* Ing. Guido Semenza; *Cassiere:* Ing. Angelo Bianchi; *Consiglieri:* Prof. Ugo Ancona - Ing. Vittorio Arcioni - Ing. Ernesto Cirla - Prof. Guido Grassi - Ing. Emanuele Jona - Ing. Luigi Magrini.

Napoli, R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri - *Presidente:* Prof. ing. Luigi Lombardi; *Vicepresidente:* Comm. prof. F. C. Paolo Boubée. *Segretario:* Ing. Luigi De Biase; *Cassiere:* Ing. Ernesto Sannia; *Consiglieri:* Cav. ing. Mario Bonghi - Comm. prof. Gaetano Bruno - Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Giorgio De Cristoforo - Ing. Guido Fano - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero).

Padova (non è stato ancora eletto il Consiglio direttivo).

Palermo, Via Macqueda, 175 - *Presidente:* Cav. prof. Stefano Pagliani; *Vicepresidente:* Cav. ing. Giuseppe Ottone; *Segretario:* Ing. Gaetano Buttafarri; *Cassiere:* Ing. Francesco Agnello *Consiglieri:* Cav. ing. Guglielmo Di Simone - Prof. Orso Mario Corbino.

Roma, Corso Umberto I, 397 - *Presidente:* Ing. Giovanni Giorgi; *Vicepresidente:* Prof. Angelo Banti; *Segretario:* Ing. Cesare Ciampi; *Cassiere:* Comm. ing. Oreste Lattes; *Consiglieri:* Ing. Ulisse Del Buono - Comm. Giovanni Dell'Oro - Dott. Giovanni Di Pirro - Ing. dott. cav. Quirino Majorana-Calatabiano - Comm. prof. Guglielmo Mengarini - Ing. cap. Carlo Vita-Finzi.

Torino, Galleria Nazionale - *Presidente:* Comm. ing. Vincenzo Soldati; *Vicepresidente:* Ing. Ettore Thovez; *Segretario:* Cav. ing. Enrico Sègre; *Cassiere:* Ing. Andrea Luino; *Consiglieri:* Comm. Federico Dumontel - Ing. Guido Fornaca - Prof. dott. Arturo Miolati - Ing. Paolo Prat - Ing. Emilio Silvano - Ing. Pietro Verole.

Digitized by Google

ISTITUTO di FISICA
della R. UNIVERSITÀ - ROMA

Vol. VIII. GENNAIO-FEBBRAIO 1904 Fasc. 1°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE — ROMA

COMUNICAZIONI E LETTURE

N. 1.

ALCUNE OSSERVAZIONI SUGLI ACCUMULATORI A PIOMBO

COMUNICAZIONE

dell' Ing. **M. BONGHI,** *letta nella Seduta del 12 ottobre 1903 dell'Assemblea generale in Napoli.*

La questione sulla quale richiamo la vostra attenzione, ritengo che sia di non lieve importanza, dato il largo uso che si fa oramai degli accumulatori, e più ancora, data la vivace concorrenza che si fanno fra di loro le case costruttrici: ed in tale opinione mi conferma la lunga pratica che ho fatto io stesso su questo speciale materiale elettrico.

Noi tutti, così minuti e precisi nel fissare le condizioni di fornitura delle macchine e dei varî materiali e che nei collaudi amiamo assicurarci nel modo più completo delle condizioni costruttive, di montaggio e di esercizio delle diverse parti di un impianto, limitiamo invece fin troppo le nostre pretese, quando si tratta di accumulatori: per questi non è eccessivo il dire che in genere sussiste ancora fra fornitore e committente un empirismo eccessivo e una incertezza grande, e spesso la scelta di un tipo di accumulatore è affidata quasi totalmente al costruttore stesso, il committente lasciandosi guidare più dalla stima che ha nel fabbricante che nell'oggetto fabbricato. Ora tutto ciò non è più conforme allo stato attuale della teoria e della tecnica degli accumulatori; le condizioni peculiari del tipo opportuno possono essere studiate *a priori* anche dal committente; la scelta del tipo più adatto può esser fatta a ragion veduta tenendo conto delle speciali proprietà chimiche, fisiche, di durata, ecc.; e su questo studio possono esser fissate tanto le condizioni di fornitura che quelle di garanzia.

La teoria chimica infatti degli accumulatori a piombo, dopo i notevoli studi dello Streintz, Strecker, Gladstone e Tribe, Kohlrausch,

Digitized by Google

Heim, Nernst, Mugdan, Schoop, Dolezalek (1), ecc., è oramai ben ferma e da esse risultano chiare le loro proprietà elettro-chimiche, le condizioni di funzionamento, ed eventualmente le norme per il confronto con accumulatori di materiale diverso. Oramai non v'ha dubbio che, astrazione fatta da eventuali altri prodotti intermedi reversibili e non permanenti, le reazioni chimiche principali negli accumulatori, possono riassumersi con la formola seguente (2):

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \underset{\text{carica}}{\overset{\text{scarica}}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_4 + 2H_2O,$$

cioè:

1° formazione di biossido di piombo, piombo e acido nella carica;
2° formazione di solfato di piombo e acqua nella scarica.

Se l'accumulatore è sottoposto a regimi di correnti eccessive di scarica, per il rapido esaurimento dell'acido nella massa attiva non

(1) Streintz, *Wied. Ann.*, 1889, vol. XXXVIII, pag. 344; 1890, vol. XLI, pag. 97; 1891, vol. XLIII, pag. 241; 1892, vol. XLVI, pag. 449, ecc. — Strecker, *Elektr. Zeitschr.*, 1891, pagg. 435, 513, 524. — W. Kohlrausch e C. Heim, *Elek. Zeitschr.* 1889, pag. 327. — Mugdan, *Zeitschr. f. Elektr.*, 1899, fasc. 23, pag. 309. — Nernst, *Zeitschr. f. Elektr.*, 1896, fasc. 3, pag. 78. — Schoop, *Handbuch der Accumulatoren*, 1898, Henke, Stuttgart; *Die Sekundäre Element.*, vol. tre, 1895, Knapp, Halle; *Ein Beitrag zur Kenntniss der diffusionsvorgänge an Accumulatorelektr*, Knapp Halle, 1901. — Gladstone e Tribe, *Die chemische Theorie der Sekundären Batterien nach Plantè und Faure. Deutsch v. D. R. v. Reichenbach*, Hartlebens, Wien, 1884. — Hoppe, *Die Accumulatoren für Elektricität*, Springer, Berlin, 1898. — Sieg, *Die Accumulatoren*, vol. tre. — Dolezalek, *Die Theorie del Bleiaccumulatoren*, Knapp, Halle. — Dolezalek e Gahl, *Z. f. Elek.*, 1901, vol. VII, pag. 429, ecc., ecc.

(2) Le formole singole per lastra sarebbero le seguenti (elettrolisi del H_2SO_4):

Carica
$PbSO_4 + H_2 = Pb + H_2SO_4$ (elettrodo negativo)
$PbSO_4 + SO_4 + 2H_2O = PbO_2 + 2H_2SO_4$ (elettrodo positivo)

Scarica
$Pb + SO_4 = PbSO_4$ (elettrodo negativo)
$PbO_2 + H_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2H_2O$ (elettrodo positivo)

o, in altre parole, formazione nella scarica ad entrambi i poli di solfato di piombo e nella carica ossidazione e rispettivamente riduzione del solfato in biossido o piombo spugnoso. La teoria più antica (Planté. *Recherches sur l'Électricité*) ammetteva che per effetto dell'elettrolisi dell'acqua si avesse durante la carica una ossidazione dell'elettrodo positivo in biossido, ed una riduzione all'elettrodo negativo del protossido in piombo spugnoso; nella scarica la riduzione del biossido in protossido all'elettrodo positivo, e all'elettrodo negativo l'ossidazione del piombo spugnoso in protossido, fatta astrazione da altre azioni secondarie. Riconosciuta, oltre la presenza del biossido di piombo nella lastra + e piombo nella —, anche quella del solfato di piombo nelle due lastre a fine scarica, determinati tali composti qualitativamente e quantitativamente insieme alle variazioni della concentrazione dell'acido durante i pro-

Digitized by Google

si può più formare solfato, ma si forma ossido idrato di piombo ($Pb(OH)_2$) e l'accumulatore cessa di essere riversibile (1): se si carica con corrente troppo forte vi è una concentrazione eccessiva di

cessi di carica e scarica (figg. 1 e 2), fu abbandonata l'antica teoria e la *teoria dei solfati* prese via via piede vincendo i suoi contradittori; si volle da questi, per esempio, in luogo del PbO_2 ammettere la formazione di H_2PbO_2, ma una tale ipotesi fu dimostrata insussistente da Streintz, ecc.; oppure in luogo

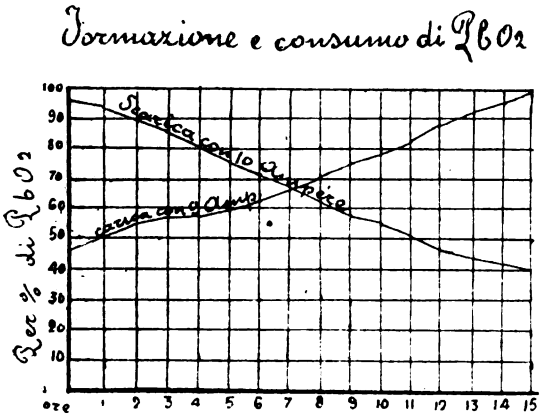


Fig. 1.

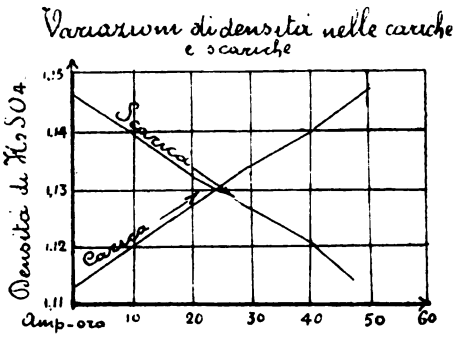


Fig. 2.

di $PbSO_4$ fu ammesso dal Frankland la formazione di $Pb_5S_3O_{16}$, dimostrata insussistente dal Gladstone ed Hibbert, Mugdan, ecc. Il Darrieus (*Lum. élect.* XLIV, pag. 513, 1892) enunciò una teoria che si può riassumere nel modo seguente: durante la carica nell'accumulatore con acido diluito si hanno le seguenti reazioni alla lastra positiva:

$$H_2S_2O_8 + PbSO_4 + 2H_2O = PbO_2 + 3H_2SO_4$$

mentre alla lastra negativa si riduce il $PbSO_4$ in Pb; nella scarica si forma alla lastra negativa prima Pb_2O, e alla lastra positiva PbO, che con l'acido, solforico si riducono con un processo secondario in solfati, cioè:

$$Pb_2O + H_2SO_4 = Pb + PbSO_4 + H_2O$$
$$PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$$

ma tale teoria è stata oppugnata dalle esperienze dell'Elbs, Schönherr, Mugdan: Elbs stesso ha ammesso la formazione di un bisolfato di Pb, e l'ha ricavato sperimentalmente; ma tale composto, chimicamente importante, non ha a vedere nei processi chimici degli accumulatori. Una delle obbiezioni più forte alla *teoria dei solfati* parrebbe quella relativa alla quantità di acido occorrente per spiegarla, poichè il consumo di acido non raggiunge sperimentalmente mai il valore teorico di gr. 3.65 per amp.-ora (Pfaff, *C. A. E.*, 1901, fasc. 5-12); ma tale fatto può avere spiegazione nell'incertezza della misura della densità dell'acido, data la notevole differenza che si ha fra l'acido che trovasi fuori delle lastre e quello che trovasi nell'interno di esse (V. Schoop, *Beitrag*, etc. - Dolezalek, op. cit.).

Oramai però tanto gli studi sperimentali che i teorici confermano, si può dire, completamente la teoria dei solfati.

(1) Lo stesso fenomeno si ha sperimentando con acido eccessivamente diluito o con elementi che hanno difetto di quantità di elettrolito.

Digitized by Google

acido agli elettrodi, specialmente all'elettrodo positivo, per modo che si forma acido ipersolforico al polo positivo e al negativo si riduce l'acido solforico in biossido di zolfo, idrogeno solforato e anche zolfo infine: una sovraccarica molto prolungata riduce tutto il solfato in soluzione e interrotta la carica il solfato si riforma, per quanto lo permetta la sua limitata solubilità nell'elettrolito, con sviluppo d'idrogeno al polo negativo (1): un periodo di riposo con accumulatore carico è accompagnato sempre da una scarica spontanea che normalmente non deve superare l'1 o 2 % al giorno: in istato di scarica ha forse luogo invece una solfatazione cristallina per cause fisiche, varia di entità a seconda della densità dell'elettrolito, ma che non è da confondersi con la solfatazione elettro-chimica, base del processo elettrolitico negli accumulatori (2): l'elettrolisi dell'acqua cioè sviluppo di ossigeno ed idrogeno nella carica non incomincia che a 2,3 volt, mentre con lastre di platino incomincerebbe ad 1,7 e ciò per il debole potere d'occlusione del piombo (3), e se tale elettrolisi è in certo modo di danno alla resistenza meccanica della materia attiva disgregandola, e rappresenta anche una perdita d'energia, lieve nella carica normale, accelera però il regime delle variazioni di concentrazione dell'elettrolito nella massa attiva stessa e permette così una più completa e profonda riduzione dei solfati dal che viene l'uso invalso delle così dette *sovraccariche.*

Della forza elettro-motrice dell'accumulatore può ritenersi che il 40 % (0.8 volt) sia dovuto alla riduzione del biossido di piombo

---

(1) Streintz, *Wied. Ann.*, XLI, pag. 94, 1890.

(2) Elbs, *Die Accumulatoren.* L'opinione diffusa che si tratti di due stati diversi di solfato di piombo, non è comprovata dalla teoria (Sir David Salomon, *Completes Handb. über die Behandlung von Accumulatoren;* Deutsch. v. L. Huber Werthers. Rostock; S. Schenek, *Construction und Wirkungsweise der Accumulatoren.* Friedländer, Berlin). L'ipotesi che qua riporto è certamente attendibile e spiega perchè sia opportuno (Heim, *Die Accumulatoren für stationäre elek. Beleuchtungsanlagen,* Leiner Leipzig) tenere le batterie che funzionano poco con elettrolito contenente solo il 16 per cento di acido, misurato in scarica; questa densità di acido corrisponde all'incirca a quella della minore solubilità del solfato di *Pb.*

Tale solfatazione che ha luogo negli accumulatori usuali non è da confondersi con quella dovuta ad una eccessiva formazione o insufficiente riduzione dei solfati sia per scariche eccessive che per cariche insufficienti, considerate rispetto al complesso dell'elemento e rispetto a ciascuna lastra.

(3) Tale fatto è della massima importanza nella teoria degli accumulatori, ed è una conferma che la formola suindicata esprime effettivamente il processo chimico che ha luogo in essi.

Digitized by Google

e all'ossidazione del piombo, il 20 % (0.4 volt) al passaggio degli acidi in solfati, il 40 % (0.8 volt) alla serie della varie concentrazioni dell'acido.

La riversibilità dell'elemento che sarebbe completa per debolissime correnti e la capacità che nelle stesse condizioni corrisponderebbe alla legge di Faraday, cioè 3.86 gr. di piombo e 4.45 gr. di biossido di piombo per ampère, vengono entrambe notevolmente menomate: la prima per le variazioni di concentrazione dell'elettrolito con correnti forti, alle quali è da attribuirsi essenzialmente la differenza di potenziale e la conseguente perdita di energia fra carica e scarica; perdita rappresentata per la massima parte nel calore sviluppato nelle variazioni di concentrazione, e solo in minima parte dall'effetto Joule per la resistenza interna dell'elemento e da altre azioni secondarie: e la seconda per la necessità di usare forti correnti nell'industria, le quali, per quanto più o meno in relazione allo sviluppo della superficie attiva della lastra, producono un rapido impoverimento dell'acido e via via una maggior resistenza nello stabilimento del regime fra l'acido contenuto nei pori della materia attiva e quello fuori di essi (1).

L'influenza così notevole della concentrazione dell'acido in sè e delle sue variazioni nell'elettrolito rispetto agli accumulatori a piombo, (influenza che, come sapete, è invece nulla negli accumulatori alcalini) (2), spiega la maggior parte dei fenomeni che avvengono negli accumulatori a piombo, le condizioni di funzionamento dei diversi tipi di lastre, il diverso comportamento delle lastre positive e negative, e spiega, per fortuna, anche molti errori commessi nella fabbricazione

(1) Per capacità, industrialmente, s'intende quella che corrisponde ad un abbassamento del 10 %, della differenza di potenziale iniziale di scarica. La buona conducibilità del piombo e del biossido di piombo, permette appunto alle linee di corrente di estendersi su una grande superficie e dare così col loro complesso le forti correnti industriali, proprietà comune con tutti gli elementi galvanici che hanno depolarizzatore solido, poco solubile, e metallicamente buon conduttore. Giova però osservare che la diversa conducibilità dei composti del piombo rende necessario risolvere nella costruzione della lastra un problema molto importante: quello di ottenere, con un'opportuna ossatura della lastra, una uniforme distribuzione di corrente nelle diverse sue parti tenuto conto della posizione delle prese di corrente, e una massima uniforme densità dell'acido nel recipiente. Nel parlare di *superficie* delle lastre intendo parlare della *superficie attiva* non della *superficie apparente;* la prima è, a seconda dei tipi di accumulatori, sempre maggiore, più o meno, della seconda e tale rapporto è massimo in generale nelle lastre a pasta.

(2) V. Schoop, *Elek. Zeit.*, pag. 619, 1903.

Digitized by Google

di tipi di accumulatori oramai scomparsi o sulla via di scomparire. La forza elettro-motrice di un elemento cresce con la concentrazione dell'acido fino al limite nel quale l'acido intacca il piombo e lo danneggia (1): riducendo la concentrazione oltre il limite necessario per ottenere la dissociazione elettrolitica del solfato di piombo, non si ha più riversibilità e si forma ossido idrato di piombo, analogamente a quello che ho già detto avvenire per scariche rapidissime per l'impoverimento, appunto, dell'acido nell'elettrolito (2); una variazione del 10 % nella concentrazione dell'acido, quale quella che si verifica fra carica e scarica, corrisponde appunto alla differenza di forza elettro motrice che si nota nei due stati (3); e la quantità

(1) Con lastre di piombo amalgamate la forza elettro-motrice può salire fino a 2.7 volt.

(2) La formola determinata dallo Streintz è la seguente per E forza elettromotrice; $E_z = 1.850 + 0.00057\,z$ dove z è la quantità di grammi di acido per litro: tale funzione è lineare.

Altre esperienze di Heim, Streintz, Gladstone, ecc., confermano, dal più al meno, detto risultato. Le tabelle che danno la variazione di forza elettromotrice, al variare della concentrazione dell'acido possono anche considerarsi come tabelle che indichino le variazioni di energia libera, corrispondente a variazioni di concentrazione in una data soluzione di acido solforico.

L'influenza della concentrazione dell'acido è varia per ciascuno elettrodo e tipo di elettrodo: e precisamente cresce la differenza di potenziale all'elettrodo positivo e diminuisce all'elettrodo negativo: le due formole dello Streintz. detto S il peso specifico dell'acido diluito e S_0 quello dell'acqua alla stessa temperatura, P_s la differenza di potenziale rispetto allo zinco per l'elettrodo positivo. p_s quella rispetto all'elettrodo negativo, sono le seguenti

$$P_s = 2.327 + 0.5925\ (S\text{-}S_0) \qquad p_s = 0.477 - 0.3245\ (S\text{-}S_0)$$

La capacità in amper-ora e in watt-ora varia al variare della quantità di acido contenuta nell'elettrolito, e precisamente aumenta sino al 15 % - 16 % di acido (V. fig. 5), a seconda del tipo dello spessore delle lastre, ecc., e diminuisce con una quantità percentuale maggiore di acido (misurato l'acido in stato di scarica): le variazioni sono naturalmente più notevoli nella capacità in watt, in conformità della teoria (Heim, *Elek. Zeitsch*, fasc. 4, 1889 - Earle, *Zeitsch, f. Elektrochem.* II, p. 519, 1895-96).

(3) La differenza di potenziale fra carica e scarica si è voluta spiegare in vario modo: con aumento di resistenza dell'elemento, ma le esperienze di Haberlein (*Wied Ann.*, 31, pag. 393, 1887) han dimostrato che non ha luogo un aumento di resistenza tale da dar ragione del fenomeno: con una variazione della forza elettromotrice originata, per esempio, da una polarizzazione degli elettrodi, dovuto secondo Haberlein a una polarizzazione gassosa, secondo Gladstone, Hibbert, Schopp ad una deficienza di materia attiva o di acido, secondo Elbs, Darrieus a diversi processi chimici, accompagnati da diffe-

Digitized by Google

di elettrolito (1), i regimi di corrente di carica e scarica (2), la porosità maggiore o minore delle lastre (3), lo spessore delle lastre

---

renti variazioni di energia in carica e scarica. Il Dolezalek discute queste varie ipotesi e combatte la polarizzazione gassosa poichè con 2 volt non si producono gas, la deficienza di materia attiva perchè la caduta di potenziale avviene appunto all'inizio della scarica quando vi è maggior quantità di materia attiva, la variazione di processi chimici nei due stati di carica e scarica perchè contraria alla riversibilità, ecc., e dimostra in modo molto evidente che la causa risiede solo nella concentrazione dell'acido nell'interno della massa attiva, variazione che ammessa che salga da 20 % a 30 % nella carica e discenda al 10 % nella scarica, corrisponderebbe appunto, da dati sperimentali, alla differenza di forza elettromotrice nei due stati: tali condizioni possono naturalmente notevolmente alterarsi con regimi di corrente più o meno alta.

(1) Vedi le esperienze di Liebenow sull'aumento di capacità relativo all'aumentato deflusso di acido attraverso una lastra positiva e le considerazioni sul fenomeno dell'alzamento o abbassamento di forza elettromotrice all'interrompersi della scarica o la carica (*Zeitsch. f. Elektr.*, IV, pag. 61, 1897: DOLEZALEK., op. cit.).

(2) La capacità varia al variare dell'intensità secondo la formola $J^n t = \text{cost.}$ (VON PEUKERT: *Elek. Zeitsch.*, 1897, pag. 287) dove n varia da tipo a tipo, per esempio, nel modo seguente:

per un elemento	Correns	$n = 1.47$
„ „	Tudor E	$n = 1.35$
„ „	„ ES	$n = 1.48$
„ „	Pollak SK	$n = 1.36$
„ „	„ R	$n = 1.51$
„ „	Correns H	$n = 1.72$
„ „	„ Q	$n = 1.64$
„ „	Hagen A	$n = 1.39$
„ „	„ B	$n = 1.39$
„ „	De Kothinsky N	$n = 1.55$
„ „	„ X	$n = 1.55$
„ „	Gülcher A	$n = 1.38$
„ „	„ CE	$n = 1.36$

cioè in generale è maggiore per lastre a pasta.

Nota una data capacità $K = J^n t$ e noto n, si ha per una capacità K_1

$$K_1 = K \left(\frac{J^1}{J}\right)^{n-1}$$

Esperienze conformi sono state fatte da Schröder, ecc.

Queste formole permettono di determinare le proporzioni delle lastre per date intensità di corrente.

(3) L'influenza della porosità si deduce sperimentalmente e teoricamente: infatti ponendo uguale la quantità ε di calore prodotto per le correnti di concentrazione, alla perdita di energia $i^2 wt$ si ha $\varepsilon = i^2 wt$: dove w è la resistenza

Digitized by Google

stesse (fig. 3) (1), la temperatura dell'ambiente o dell'elemento (fig. 4) (2), la presenza di materie inerti nell'elettrolito (3), fattori

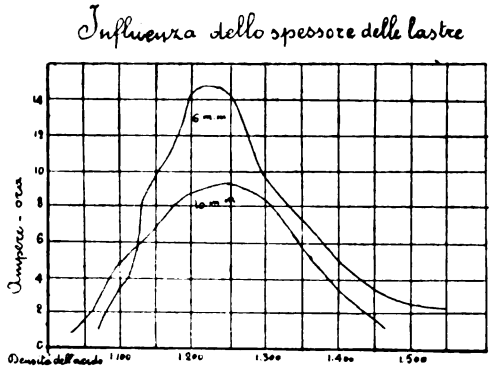


Fig. 3.

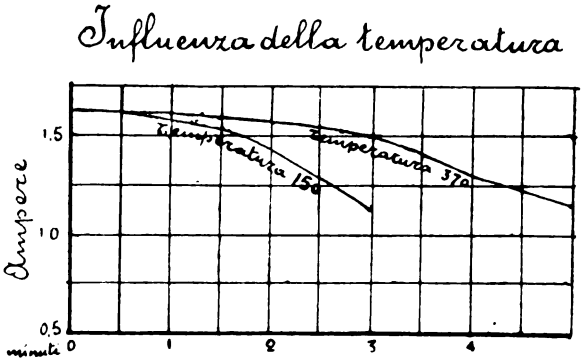


Fig. 4.

complessiva, cioè della sostanza delle lastre e dell'acido contenuto nei pori: trascurando la prima si ha $w = \frac{\gamma}{k}$ dove γ è la *capacità di resistenza* dei pori delle lastre e k la media conducibilità dell'acido nella sostanza dell'elettrodo, e poichè la corrente totale è proporzionale a i, si ha $\varepsilon = C \frac{\gamma}{k} J^2 t$ cioè la perdita è proporzionale alla costruzione meccanica (porosità) delle lastre (per γ), alla conducibilità dell'acido nelle lastre, al tempo ed alla corrente: analogamente si potrebbe dedurre dalla formola che dà la variazione di capacità al variare della corrente. Il valore di C, ponendo per approssimazione $\frac{\gamma}{k}$ indipendente da J e quindi $\varepsilon = CJ^2 t$, per batterie Tudor è 0.0019-0.0015, per batterie Correns da 0.0009 a 0.0008 ed in relazione il rendimento in watt aumenta nelle seconde rispetto alle prime. (Esperienze di Berner, Conz, v. Peukert, Voller, Germershausen, Heim, W. Kohlrausch e Seifert).

(1) Liebenow ha dedotto la formola seguente:

$$K = \frac{M'}{1 + a' J d'}$$

dove M' ed a' costanti, J intensità di corrente e d' spessore delle lastre: cioè, la capacità cresce diminuendo lo spessore, ma la durata della lastra naturalmente diminuisce (Esp. di Earle, *Zeit. f. Electroch.*, pag. 519, 1895-96).

(2) F. Kohlrausch e Heim hanno esperimentato largamente su questo. Con acido al 20 % si ha 1.5 % di aumento per grado di temperatura: un aumento di 22° c. ha dato un aumento del 50 % nella capacità. Importantissimi gli studi di Heim e di Schoop sulle cariche a potenziale costante e sull'aumento apparente di capacità in relazione all'aumento di temperatura (causa non ultima del rapido deperimento delle lastre in impianti di tal tipo per uso tramviario) e su alcuni metodi per aumentare la capacità con il calore (Heim *Elek. Zeitschr*, pag. 269, 288, 309, 329, 344, 391, 416, 438, 463, 487, 504, anno 1900, pag. 811, anno 1901. Liagre *Eclairage eletr.* pag. 149, anno 1901).

(3) Per esempio, se si rende l'acido gelatinoso con l'unione di acido silicico, la capacità si riduce a metà e le perdite sono 1.98 volte maggiori.

Digitized by Google

tutti che, influendo sulla densità dell'elettrolito e quindi sulla sua conducibilità (fig. 5) (1) dentro e fuori gli elettrodi, hanno per effetto

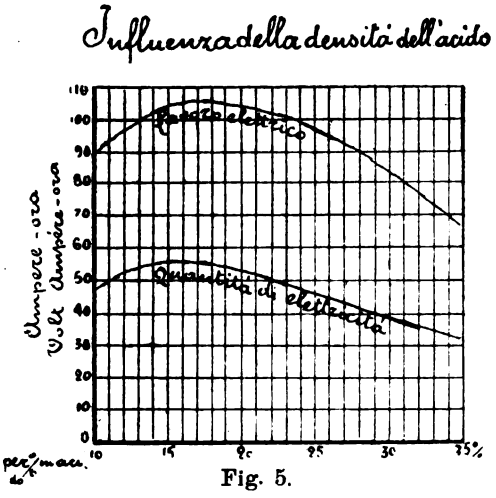


Fig. 5.

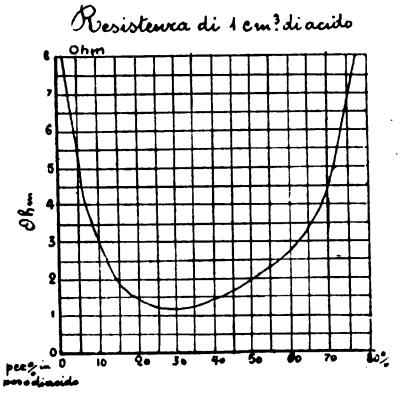


Fig. 6.

di modificare l'andamento delle curve di carica e scarica e variare il rendimento in watt dell'elemento (2): naturalmente alle variazioni

(1) La resistenza dell'elettrolito diminuisce sino ad una concentrazione del 30 %, poi risale (Kohlrausch) (fig. 6).

(2) L'esame dei varî elementi delle curve di scarica e carica conferma ed illustra i fenomeni accennati, qualora si eseguano con varie concentrazioni di acido, con varî tipi di lastre; difatti appena iniziata la carica per l'aumento di acido solforico a spese del solfato cresce la forza elettromotrice e il potenziale di carica, fino a che si ottiene uno stato di regime nella diffusione dell'acido interno alle lastre rispetto a quello esterno, non dopo però essere passati per un minimo, maggiore rispetto al massimo precedente a seconda del periodo di riposo interceduto fra carica e scarica e dovuto forse allo strato di solfato depositatosi sulle lastre in tale periodo; la linea di carica cresce in seguito lentamente sia per variazione di concentrazione di acido, sia per le via via varie condizioni dello stato di regime nella diffusione dell'acido, fino a che prende a salire rapidamente a 2, 5-2, 7 volt, iniziandosi ad entrambi gli elettrodi un forte sviluppo di gas e cessando quasi ogni azione relativa agli ioni plumbici, diminuendo fortemente la concentrazione dei solfati e l'azione chimica riducendosi quasi alla sola elettrolisi dell'acqua; appena però avvenuto tale fenomeno diminuisce immediatamente ancora la differenza di potenziale perchè lo sviluppo di gas facilita l'uguaglianza di concentrazione dell'acido dentro e fuori le lastre (fig. 7).

Nella curva di scarica la differenza di potenziale diminuisce all'inizio della scarica per la diminuzione della concentrazione dell'acido presso gli elettrodi, e giunge ad un minimo forse dovuto ad una soprasaturazione di solfati data dalla debole concentrazione dell'acido; dopo di che si stabilisce un regime nello scambio di densità dell'acido dentro e fuori le lastre, discendendo però via via, prima lentamente poi più rapidamente, la forza elettromotrice di mano

Digitized by Google

di concentrazione dell'acido, se non ottenute artificialmente, si unisce l'eccesso o difetto degli altri joni e in minima parte la resistenza

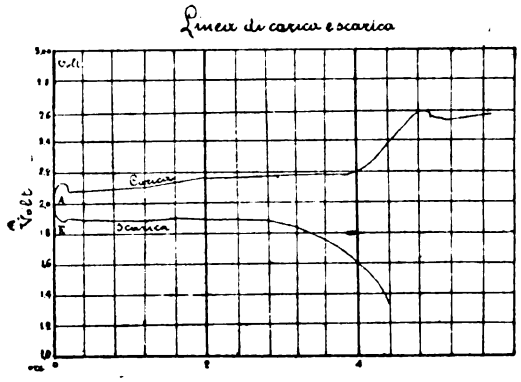


Fig. 7.

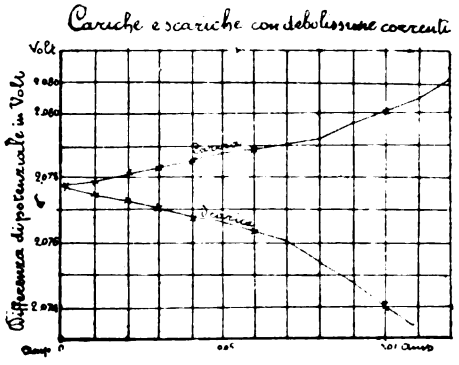


Fig. 8.

interna dell'elemento che varia da elemento ad elemento e che, se dipende dalla intensità di corrente (fig. 9) tanto nei regimi di carica e scarica, varia però continuamente durante la carica e scarica a intensità costante, precisamente aumentando nella scarica per formazione di solfato di piombo, cattivo conduttore, diminuendo nella carica per la formazione di biossido di piombo e piombo migliori conduttori, oltre che per la variazione di conducibilità dell' elettrolito (1).

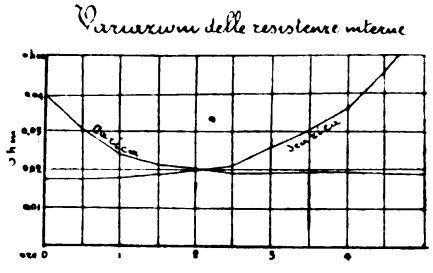


Fig. 9.

in mano che lo stabilimento dello stato di regime diventa più difficile pel divenire l'azione elettrochimica più interna nella materia attiva e maggiore l'impoverimento di acido: nè trattasi mai anche qua di deficienza di materia attiva, poichè se nella carica tutti i solfati si trasformano in biossido (e piombo) nella scarica invece solo circa il 60 % della massa attiva prende parte all'azione, a meno che non si ricorra a correnti debolissima di scarica. (Esperienze di Ayrton, Lamb, ecc.). (V. fig. 1).

Ed una prova ancora dell'azione predominante delle variazioni nella concentrazione degli acidi nelle variazioni di potenziale, si ha dal fatto che le variazioni fra potenziali di carica e scarica diminuiscono sino a zero col diminuire l'intensità di corrente di carica e scarica astrazion fatta dalla resistenza interna, come risulta dalle esperienze di Dolezalek, riassunte nella figura 8.

Infine un'ultima prova dello stesso fatto si ha nel fenomeno dell'alzamento e diminuzione di differenza di potenziale appena si interrompa la corrente di carica e scarica.

(1) La resistenza interna di un accumulatore, misura abbastanza difficile e delicata, può essere assunta in generale come uguale a 2 o 3 volte la resistenza dell'acido racchiuso fra le piastre.

Digitized by Google

Ognun di voi sa che la perdita di energia fra carica e scarica, (data la maggior porosità del piombo spugnoso [1, 4 volte quello del biossido di piombo], dato che il potenziale dell'elettrodo positivo diminuisce con la diluzione dell'acido 1, 6 volte più che quello dell'elettrodo positivo, e dato il fatto che all'elettrodo positivo non solo viene consumato acido, ma viene prodotta acqua aumentandosi così per la doppia causa la diluzione dell'elettrolito) (1), deve attribuirsi in generale negli accumulatori (fig. 10) con uguale ossatura, pasta e capacità per 60 ÷ 70 % all'elettrodo positivo e per il 40 ÷ 30 % all'elettrodo negativo: naturalmente tali condizioni possono variare, variando le dimensioni e le proprietà fisiche delle due lastre, per esempio, usando elementi con lastre positive sottili e lastre negative grosse, oppure elementi nei quali la capacità dell'elettrodo positivo superi più volte quella dell'elettrodo negativo; con tali mezzi può la polarizzazione di concentrazione alla lastra negativa, non ostante le favorevoli condizioni suindicate, diventare più forte che alla lastra positiva, in valore assoluto.

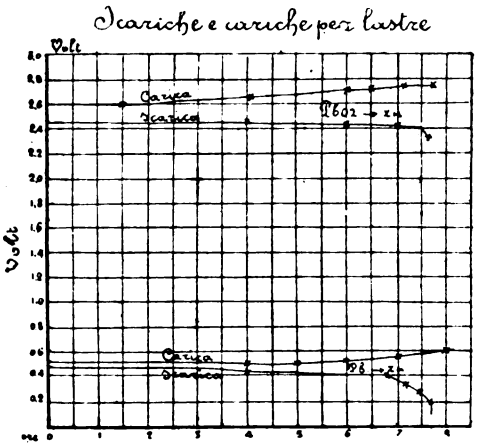


Fig. 10.

I fenomeni normali del processo elettro-chimico negli accumulatori possono venire però profondamente modificati:

a) Da impurità di metalli fortemente elettro-negativi nelle soluzioni o nelle lastre stesse, come platino amalgamato, oro, ferro, platino bianco, nichel, rame, ecc., che, senza nessun effetto rispetto alle lastre positive (dove può aver luogo solo un'azione locale fra biossido di piombo e piombo, utilizzata nella formazione Plante), producono invece la riduzione del piombo in solfato nelle lastre negative, scaricando e danneggiando l'elemento (2).

(1) Si ha, difatti, che

303 gr. di $PbSO_4$	(1 gr. molecola	$PbSO_4$)	48.7 cm³
239 gr. di PbO_2	(1 gr. „	PbO_2)	26.8 „
207 gr. di $P.b$	(1 gr. „	Pb)	18.2 „

Vedi Mugdan, *Zeitsch. f. Elektroch.* 1899, fasc. 23, pag. 313.

(2) Sono dannosi i metalli coi quali si sviluppa *H*, con una differenza di potenziale minore di quella che intercede fra un elettrodo di piombo ed un elettrodo di *H*, data la non riversibilità del fenomeno. (Esperienze di Nernst e Caspari, *Zeitsch. f. phis. Ch.*, v. XXX, 1899, fasc. 1, pag. 89).

Digitized by Google

b) Da disuguaglianze della densità dell'acido nella sezione verticale dell'elemento, da difetti di parallelismo o di equidistanza fra le lastre, da disuguale distribuzione delle resistenze interne delle lastre o non intima unione fra masse attive e ossature, da non uniforme modalità di presa di corrente all'elettrodo, ecc., fatti che tutti creano azioni d'intensità varie sulle diverse parti della superficie della lastra e sono così causa di deperimenti locali.

c) Da sostanze estranee usate nella formazione accelerata degli elettrodi (1) per quanto si procuri di eliminarle dalle lastre formate.

Ai fenomeni elettrochimici suindicati se ne aggiungono però altri che hanno una influenza non lieve, e varia pure da tipo a tipo di lastre a secondo delle diverse modalità di montaggio e di esercizio: tale è per es.:

1. La via via più profonda azione elettrolitica negli elettrodi positivi, la insufficiente riduzione dei solfati nelle parti più interne degli elettrodi, e la diminuzione via via col tempo della porosità delle lastre specialmente delle negative; fenomeni, che uniti al parziale distacco e successiva caduta della materia attiva aumentano la resistenza elettrica delle lastre (2), ne turbano la consistenza meccanica e, indipendentemente da irregolarità di esercizio, le riducono inservibili in un tempo più o meno lungo: ciò richiede quindi che le dimensioni e le modalità di costruzione siano tali da sopperire a queste lente, ma continue cause di deperimento per un tempo opportuno, a seconda dello speciale uso a cui deve venire adibito l'accumulatore stesso.

2. Le variazioni di volume delle lastre, variazioni sensibilissime nelle lastre positive, meno sensibili nelle negative, e che sono dipendenti dalle variazioni di volume dei composti solidi che si vanno

(1) Nella formazione Faure per le lastre negative si usano solfati neutri di sodio, di potassa, di magnesio e d'alluminio; per lastre positive, solfati di magnesio, d'alluminio, od ossidi idrati degli stessi.

Nella formazione Planté si usano acetati, tartarati, clorati, nitrati, per la lastra positiva.

(2) La determinazione delle resistenze specifiche delle sostanze che concorrono alla formazione degli accumulatori, esclusion fatta dal piombo, non è sicura sia per le condizioni speciali in cui tali sostanze si trovano effettivamente durante i varii stati dell'accumulatore, sia perchè la resistenza loro varia a seconda delle modalità di preparazione delle sostanze stesse. La conducibilità del biossido di piombo è, in generale, minore di quella del piombo spugnoso, e quindi, per esempio, sulle lastre a grata la dimensione delle maglie deve essere minore per le lastre positive che per le negative: in ogni caso bisogna assicurare il più intimo legame possibile fra materia attiva ed ossatura. La Berl. Acc. Fabrik dà per il biossido di piombo secco una resistenza di 9 unità Siemens per 1 ccm^3.

Digitized by Google

formando o riducendosi, e che stanno fra di loro, come 48.7 per il solfato di piombo, 26.8 per il biossido di piombo, 18.2 per il piombo: tali variazioni di volume e le conseguenti azioni meccaniche, o sgretolano la materia attiva, se a pasta, o la distaccano se a formazione Planté producendone la caduta; e il fatto della formazione di nuova materia attiva sull'anima o sull'ossatura della lastra positiva, ne fa aumentare le dimensioni della lastra, oltre a turbarne, come sopra si è detto, la resistenza meccanica (1). Nelle batterie che ho avuto in esercizio ho potuto osservare che la successiva riduzione delle lastre ha un periodo di tre o quattro anni nelle lastre massiccie e di spessore da 8 a 12 m. (più rapida, s'intende, nelle lastre più profondamente solcate) e che la dilatazione di lastre a griglia o sottili, o fortemente solcate è molto minore di quella di lastre massiccie con solchi meno profondi: per es. ho osservato nelle lastre fuse Tudor (tipi *C, E*) variazioni fino al 10 % nelle diverse dimensioni, nello stesso periodo di due a tre anni: la perdita di peso l'ho riscontrato del 10 % in due o tre anni nelle lastre positive massiccie e ancor maggiore nelle lastre positive a pasta, perdita che per la maggior parte ha luogo però nei primi mesi: non ho riscontrato quasi nessuna diminuzione di peso nelle lastre negative, salvo quella dipendente dalla caduta della pasta, ma una successiva riduzione di capacità tanto in queste, che nelle lastre positive e che, a seconda dei tipi, è più rapida nell'una o nell'altra lastra.

I diversi tipi di accumulatori a piombo hanno avuto la loro origine, sia nei tentativi di adattarsi meglio ai diversi usi, sia in generale dal volere eliminar l'uno o l'altro difetto, ma disgraziatamente, data anche l'incertezza della teoria specialmente al loro primo sviluppo, si è avuta più fortuna nella prima ricerca che nella seconda:

(1) Il Schoop (op. cit.) così classifica la proprietà delle ossature delle lastre:

1° Si deve costruire l'ossatura e disporre su essa la materia attiva in modo che durante la carica e scarica le correnti elementari in modo uniforme attraversino la materia attiva.

2° La materia attiva deve essere disposta in modo che l'elettrolito possa accedervi facilmente e specialmente possano facilmente uguagliarsi le densità dell'elettrolito non ostante le variazioni di concentrazione, nell'interno e allo esterno della materia attiva.

3° L'ossatura deve così fortemente trattenere la materia attiva che le variazioni di volume della massa stessa durante l'uso, non la facciano distaccare e cadere.

4° L'ossatura deve avere una tale resistenza meccanica da resistere alle sollecitazioni meccaniche che avvengono nelle lastre stesse, e non ostante deve essere il più possibile leggera e economica.

5° L'ossatura deve essere resistente alle azioni elettrolitiche, che si verificano alla sua superficie, e non dare causa a nessuna corrente locale.

Digitized by Google

difatti in questa si può dire, che dove si è tappato un buco, se ne è aperto un altro, e dopo lungo girarsi e rigirarsi si è giunto attraverso forme e metodi di preparazione e fabbricazione complicati alle forme semplici attuali che più si avvicinano alle originarie: adottando o grate semplici (quadrate, triangolari od esagonali) che assicurino un'intima unione con la massa della materia attiva in relazione della sua diversa conducibilità nelle lastre positive e nelle negative, o superfici sviluppate, cioè con via via più profondi solchi, con anima continua o meno, di vario spessore a seconda del tipo di accumulatore e dell'uso a cui è destinato, con costole o rinforzi longitudinali o verticali: astrazione fatta s'intende dei tipi speciali per casi speciali.

È curioso ed istruttivo insieme il ricercare nelle diverse costruzioni, le cause prime che le hanno determinate e le cause elettrochimiche, o meccaniche, o di montaggio che hanno spesso reso il tentativo vano: il discorso è però troppo lungo e troppo minuto per farlo ora e lo ometto; lo studio specialmente delle lastre deperite e consunte lascia vedere quali siano le azioni dannose, quali gli errori di costruzione, quali i mezzi di evitarli o di ridurli. Ognuno conosce i diversi tipi di griglia semplici o doppie, antimoniose o no (1), appoggiate o sospese in due o più punti, costruite per evitare il disgregamento della pasta e la sua caduta, per rendere la griglia più resistente all'azioni elettrolitiche e meccaniche, per non ostacolare la dilatazione della lastra e che spesso invece hanno ottenuto di rendere di fatto la lastra stessa più fragile nel suo complesso e più facile la produzione di corti circuiti fra le lastre per i depositi in fondo al recipiente, o per azioni locali sulla griglia; e l'introduzione di corpi inerti fra lastra e lastra (accumulatori a scatola di carta pergamenata, ebonite, asbesto ecc.) o nell'elettrolito (argilla, gesso, cellulosa, farine fossili, pomici, polvere di vetro, ambra, polvere di quarzo ecc.) per evitare i corti circuiti, che ebbero per effetto una diminuzione di rendimento per le aumentate difficoltà di diffusione dell'acido nei diversi suoi stati di concentrazione, astrazion fatta dal deperimento degli involucri di materia inerte: così pure i diversi metodi per preparazione della pasta con materie più o meno inerti, che ne aumentassero la coesione, la conducibilità o la porosità o ne facilitas-

(1) L'esperienza ha dimostrato essere utile usare piombo puro per le lastre positive e piombo al massimo col 5 % di antimonio per le lastre negative; il piombo antimonioso è in generale meno compatto, ha leggere incrinature che le azioni elettrochimiche tendono ad aumentare e che danneggiano in tal modo la resistenza della ossatura; il piombo antimonioso è meno duttile e più fragile ad una temperatura elevata: è meno resistente all'azione elettrolitica del piombo puro.

Digitized by Google

sero la formazione e che in pratica ne hanno spesso invece compromessa la resistenza meccanica, sia facilitando indirettamente l'azione elettrolitica sulla ossatura, sia producendo in poco tempo il disgregamento che si voleva appunto evitare, sia col facilitare le scariche spontanee per impurità (1): così le lastre fatte a nastri o striscie collegate fra loro e trattenute insieme da un'ossatura di piombo a sacco per ottenere una formazione più completa e uniforme e una superficie attiva molto estesa, lastre che pur rispondendo al loro scopo in parte aumentano enormemente il prezzo di costo e in parte alterano il processo delle azioni meccaniche e chimiche: così pure, lastre con dimensioni molto allungate per avvicinare gli appoggi, rendere più libera la dilatazione, facilitare il montaggio, ridurre lo spazio occupato e che per la troppa varia densità dall'elettrolito dentro e fuori la materia attiva alle diverse altezze, per la non uniforme distribuzione delle correnti elementari e per altre cause accessorie hanno subìto deperimenti rapidi nelle parti più profonde (De Kothincsky, De Benedetti, Tudor *D,* ecc.); così pure lastre con solchi più o meno profondi e di forma più o meno complessa, per aumentare la superficie attiva, e che la diminuita resistenza meccanica della lastra, o la eccessiva fragilità delle alette, o la non esatta proporzione di capacità fra le lastre di polarità opposte, hanno fatto rapidamente deperire: oppure lastre grandi formate dall'unione di altre piccole lastre racchiuse in cornice che ne permettessero la dilatazione indipendentemente dalla ossatura complessiva della lastra e dal montaggio dell'elemento e che invece si infransero rapidamente, sia pel deperimento delle cornici stesse, sia per la poca uniformità delle diverse azioni meccaniche ed elettriche che avevano luogo sulle piccole lastre, sia per gli sforzi disuguali sulle cornici elementari: e così via via (2) (tavola allegata).

---

(1) Il piombo spugnoso è preparato in modo vario, cioè ossido di piombo con solo acido solforico diluito o con glicerina; minio con solo acido solforico diluito o con glicerina; ossido di piombo e minio con acido solforico diluito; ossido di piombo con polvere di piombo e acqua; ossido di piombo con solfato di magnesia: per la lastra a biossido di piombo, si usa una pasta di ossido di piombo o minio unita ad acido solforico diluito, o acido fosforico, o acido solforico fenolico, o acido solforico etilico, o acido solforico con glicerina, o acido ossalico, o acido acetico, ecc., o solfato di magnesio, o solfato di ammonio ecc., o ammoniaca, potassa, soda, piridina, chinino, ecc., o glicerina, glucosio, zucchero d'uva, gomme, albumina, asfalto, ambra, collodio, ecc.

(2) Nella tavola allegata pubblico alcune lastre deformate di varî tipi e con varî montaggi: lastre Electrical Power Storage montate a laccioli e sostenute inferiormente; lastre Electrical Power Storage, sostenute a metà; lastre Electrical Power Storage, sospese; lastre *C* od *E* Tudor: queste ed altre che

Digitized by Google

La difficoltà di costruire una buona griglia che soddisfaccia a tutte le condizioni hanno fatto via via venire più in onore le lastre positive a formazione Planté ad ossatura continua, con o senza rinforzi longitudinali e verticali, lasciando però alle lastre negative Faure campo assolutamente libero per mantenere il necessario rapporto di capacità fra le lastre positive e negative: e le lastre Planté riuscirono, sia con una fusione semplice via via più perfezionata, sia con l'usare lamine di piombo e produrre in esse rialzi od alette con mezzi meccanici (1), sia con fusione sotto forte pressione, sia a stampo, ad avere una superficie sviluppata da 8, 10, 20 volte superiore alla superficie apparente tanto da avvicinarsi per quantità di materia attiva alle lastre Faure, senza nemmeno dover ricorrere più ad applicare su esse materia attiva con il metodo Faure (2) come si usava nei primi tempi per sopperire ad una deficenza di capacità nel primo periodo di esercizio.

Non per questo però si può asserire che le lastre Faure positive siano state o debbono essere poste al bando; vi hanno usi in cui, credo anzi, che queste siano certamente superiori anche alla lastra Planté di tipo più recente, e ciò specialmente per la loro notevole porosità e per la minore dilatazione, per la maggiore duttilità, per la loro fabbricazione più economica: le lastre Planté presentano invece maggiore solidità, durata maggiore a parità di peso, minore capacità a parità di durata (2), ma hanno certo minore porosità, minore duttilità, la cura che richiedono è certamente più semplice e facile di quella richiesta dalla lastra Faure in generale. Se si riuscisse però a superare le difficoltà inerenti alla resistenza meccanica delle

---

potrei pubblicare di altri tipi che ho avuto in esercizio od ho esaminato confermano quanto sopra ho detto, e concorrano tutte a dimostrare quali cause precipue di deperimento bisogna assegnare ai diversi tipi, indipendentemente dalle condizioni normali di esercizio.

(1) Le ossature delle lastre possono esser fatte per fusione, pressione, laminazione a stampo, a lavorazione meccanica o con metodi misti. Le prime lastre erano di lamiera (Planté), poi fuse (Volkmar), poi pressate (De Kothinesky): in seguito si sono avute lastre laminate e stampate, fuse a pressione o no, ecc.: si distinguono ossature a grate o ad anima continua (piena).

La fusione fu fatta o della ossatura sola, senza materia attiva, o fatta sulla materia attiva già preparata: in generale ora la fusione è fatta dell'ossatura sola.

Il desiderio di avere lastre il più compatte possibile, specialmente le positive (per le negative ha meno importanza), ha fatto introdurre le lastre ottenute con fusione a pressione (Bergs-Bergen) a matrice o a stampo, e la lavorazione di lamiere con utensili meccanici (Mayert, Pollak).

(2) Da alcune determinazioni sperimentali risulterebbero questi dati: lastre positive da 11.5 dm.q di G. Hagen con garanzia di 6 amp. di scarica hanno resistito a oltre 600 scariche (Amp-ora per lastra oltre 8000) mentre la nega-

Digitized by Google

lastre Faure, credo che certamente queste avrebbero vittoria piena, perchè più corrispondenti alla teoria.

Fra le lastre Planté, quelle a lavorazione con utensili meccanici (Pollak e Mayert) possono certo superare le lastre fuse o pressate per maggior capacità a parità di peso, ma dubito che possano rivaleggiare con le fuse per durata, dato il modo speciale di deperimento dell'uno e dell'altro tipo, vale a dire, nelle lastre fuse l'azione sull'anima procede quasi di pari passo con la corrosione delle alette e quindi la lastra perde più lentamente le sue proprietà, mentre nelle lastre ad alette ottenute con utensili, l'azione su queste è più energica e l'anima resta spogliata prima che l'azione elettrolitica vi sia penetrata, o almeno ha luogo rapidamente una riduzione notevole della superficie sviluppata: questo stesso fatto fa si che la dilatazione e deformazione delle prime, sia maggiore che nelle seconde e maggiore pure la rigidità delle prime e la difficoltà di raddrizzamento, pure usando tutti gli artifici consigliati dalla pratica, come cariche lente, ecc. (1): se teoricamente la lastra a ossatura laminata o pres-

---

tiva a 220 scariche avea già ridotta la sua capacità: lastre positive di Pollak da 12.7 dm.q con 8,8 amp. di scarica hanno resistito a 760 scariche e lastre negative a 570: lastra Tudor positiva a oltre 1000 scariche: lastra De Khotinesky con 5.2 amp. di scarica a 250.

Il Civita nella sua comunicazione del 1902 alla A. E. F. dà per lastre Mayert di trazione un massimo di 400 scariche per lastre positive e 800 per lastre negative.

L'Hensenberger dà per i suoi elementi Fulmen 300 scariche in laboratorio e 150 in esercizio.

Tali cifre indicano solo quanta e quale sia la varietà da lastra a lastra positiva o negativa o da elemento a elemento a seconda del tipo e dell'uso a cui sono destinate.

Variazioni non meno notevoli, indipendentemente dalla durata, si hanno per capacità e potenza per chilogramma ed è difficile il trovare una formola che implichi i diversi fattori che servono a individuare le proprietà di un tipo, poichè la potenza cresce per uno stesso tipo inversamente alla capacità e alla durata, ma non con legge determinabile.

Nei cataloghi si hanno accumulatori che arrivano a quindici e più Ampère di scarica per chilogramma con capacità anche di 75 e più Ampère-ora e con caduta di potenziale sino ad 1.7: accumulatori per batterie stazionarie stanno fra 2-5 Ampère-ora di scarica per tre ore per kg.; le densità di corrente al cm. vanno da 0.05 o 0.05 amp.

(1) Faccio astrazione da difetti di fusione che si possono riscontrare nelle lastre fuse, sia per modalità della fusione stessa sia per impurità del piombo, sia per le modalità di raffreddamento delle lastre: tutte tre queste cause possono produrre delle disuguaglianze nell'ossatura delle lastre o nei punti di appoggio e rendere possibili, come già ho accennato in altra nota, delle azioni locali. Così in una partita di lastre fuse mi è accaduto che dopo poco sulle costole delle lastre positive e ai piedi delle orecchiette di sostegno si presentassero dei rigonfiamenti che a breve andare si aprivano mostrando all'in-

Digitized by Google

sata ha dei vantaggi, praticamente è bene aggiungere che la lavorazione ad utensili riduce o toglie in molta parte quei vantaggi specialmente per le alette.

La scelta del tipo di accumulatore, per un dato esercizio dipende non solo dalle proprietà delle lastre stesse in sè, ma da queste proprietà in relazione all'uso che se ne vuol fare, e per fortuna le molteplici variazioni nelle proprietà delle diverse lastre a pasta o massiccie, sottili o spesse, con acido più o meno diluito, con maggiore o minore quantità di acido, resistenti a temperature più o meno varie ed elevate, con più o meno intense correnti di carica e scarica, con maggiore o minore resistenza interna, con montaggi più o meno opportuni per resistere o meno a scosse meccaniche, con più o meno rapide variazioni di correnti, con numero maggiore o minore numero di scariche alla capacità fissata per lastra e quindi con maggiore o minore durata, con maggiore o minore rendimento, con maggior o minor peso per potenza o capacità, ecc., permettono di scegliere il tipo più opportuno nei diversi casi: ma è pur giusto che il prezzo varî in relazione a queste proprietà delle lastre e si tenga in generale in maggior conto il peso delle lastre che le case fabbricanti omettono sempre d'indicare preferendo indicare solo il peso complessivo dell'elemento (cioè recipienti, accessori compresi e acido escluso): che su questo prezzo e su questo peso si stabiliscano gli eventuali ricambi; che le garanzie riguardino le peculiari condizioni di ogni esercizio, vale a dire: che la prova di capacità non sia fatta in condizioni di sovraccarica; che siano determinate le proprietà e le relazioni che esistono fra i due elettrodi; che si siano assicurate non solo le proprietà dell'acido, ma le proprietà fisiche delle lastre usate negli accumulatori; che i termini di garanzia siano protratti di tanto di quanto è necessario per assicurarsi contro difetti di fabbricazione o di montaggio; che le norme di manutenzione siano ben definite e a variazione di tali norme corrispondi una variazione dei termini di garanzia; che insomma sia evitato il più possibile, che il fabbricante addossi sempre, ed in ogni caso, la colpa dei guai al committente e questi in base alla redazione spesso generica del contratto e del collaudo si trovi quasi senza difesa (1).

terno una quantità maggiore o minore di biossido di piombo: tale fatto danneggiava naturalmente la resistenza meccanica delle lastre. La Ditta fornitrice cambiò immediatamente detta fornitura e riparò le lastre: il fatto dipendeva da modalità della forma di fusione. Artificî varî, sia nella fusione, sia dopo (quale lento raffreddamento, passaggio di una fiamma d'idrogeno lungo tutte le costole e le orecchiette di sostegno) possono eliminare i difetti suindicati.

(1) Le condizioni di contratto degli accumulatori si limitano, in generale, solo a garantire una data capacità per una data corrente di scarica senza

Digitized by Google

Io comprendo le obiezioni che mi si faranno: un contratto e un collaudo come lo voglio io, riesce complicato, richiede quasi sempre l'intervento di un tecnico, mentre il contratto come si usa fare, indeterminato nei suoi termini nel quale vi è tutto e nulla, è più facile e pronto: ma tali obiezioni non credo che possano aver valore a far mantenere la questione nei termini in cui sta attualmente con danno anche della tecnica degli accumulatori: le case stesse hanno riconosciuto più volte, col cambiare tipo di costruzione e di montaggi i loro errori, ed oggi che siamo in grado, usufruendo della teoria e della esperienza, di evitare in buona parte che tali errori cadino su chi non ne ha colpa, o per meglio dire, che tanto il committente che il fabbricante concordino precisamente le condizioni di fornitura, si può modificare il tipo di contratto e garantirsi meglio vicendevolmente (1). È inutile e dannoso il far credere che gli accumulatori possono esser mantenuti in modo eccessivamente facile e alla portata di tutti: non sono certo apparecchi molto complessi nel loro funzionamento, ma richiedono un corso di cognizioni sicure e precise e ciò specialmente nei casi speciali e complessi che si danno in qualunque esercizio.

---

nulla determinare in quanto alla variabilità di funzionamento e alle proprietà dei singoli elettrodi.

La garanzia si limita spesso all'obbligo di sostituire ogni elettrodo che si consumasse visibilmente e diminuisse di efficacia alla condizione che la manutenzione dell'accumulatore sia fatta in conformità di date prescrizioni. Queste prescrizioni riguardano in termini molto generici le impurità e le variazioni di densità dell'acido, la maggiore o minore distanza che deve intercedere tra la scarica e la carica, la eliminazione di contatti negli elementi, il successivo riempimento di acido negli elementi. Una ditta stabilisce che la carica debba seguire immediatamente la scarica, un'altra al massimo dopo 24 ore, un'altra al massimo dopo due giorni; una vuole la carica fino a forte sviluppo di gas, un'altra vuole delle sopraccariche a correnti deboli con intervalli da 2 a 4 mesi, un'altra vuole le sopraccariche con correnti forti, ecc. Norme più inderminate e varie ancora vi sono per le cariche lente da effettuarsi ad intervalli, per gli elementi guasti, ecc.

Nulla determina la capacità in Ampère-ora o Watt, e quando si debba discutere su una batteria deperita vi è incertezza grande sulle cause sia da parte del fornitore che da parte del cliente. Condizioni speciali per speciali esercizi è raro che vi siano ed in una causa degna di nota fra la Società generale di elettricità già Cruto e la Società Romana dei trams tale incertezza è apparsa nel modo più completo sia nell'esercizio che nelle perizie giudiziarie, con danno grave delle due Società.

(1) In pochi anni le Case con cui ho avuto relazioni hanno cambiato chi due, chi tre e chi quattro volte il tipo di lastre, ed ogni volta, s'intende era l'ultimo il tipo migliore: hanno cambiato tre volte la densità dell'acido: due volte la modalità di montaggio e si tratta, parlo, di tre Case fabbricanti fra le migliori e più stimabili.

Digitized by Google

Riassumendo il mio dire, io vorrei che nei contratti d'acquisto e di garanzia di accumulatori si determinassero bene tutte le condizioni d'esercizio, non limitandosi a quelle relative al macchinario elettrico che deve eseguire la carica della batteria, si fissassero le condizioni costruttive del tipo di accumulatore da prescegliersi e si aggiungessero, inoltre, alcune delle seguenti determinazioni:

1° capacità espressa non per una data corrente, ma secondo la legge che controdistingue lo speciale tipo dello accumulatore scelto, con indicazione solo dei massimi di corrente di scarica e carica ammessi;

2° resistenze interne dell'elemento in relazione alla resistenza dell'elettrolito e modalità per una eventuale misura della stessa;

3° modalità delle misure da farsi al collaudo, relative alla temperatura e alla densità di acido all'inizio e a fine scarica: al potenziale a principio e a fine scarica; al limite di variazione di densità del liquido fra carica e scarica, in almeno due regimi di carica e scarica: alle condizioni di carica da adottarsi, sia prima d'iniziare il collaudo, sia durante le prove di collaudo; al massimo potenziale di carica; alle relazioni d'esercizio e di capacità rispetto alle sovraccariche; al rendimento in quantità di corrente e in energia;

4° determinazione della capacità di ogni elettrodo a data temperatura, con data quantità di acido, con determinato metodo sperimentale (paragone con *zn, cad,* ecc.) da eseguirsi, sia nelle lastre all'arrivo, sia nelle lastre in funzione durante il collaudo;

5° determinazione della scarica spontanea giornaliera a date temperature, con date condizioni di acido;

6° determinazione di ogni elettrodo in ogni sua parte (peso totale delle lastre e pesi singoli o spessori della massa attiva e della ossatura o dell'anima, ecc.) e dell'elemento completo (peso d'acido e suo rapporto in volume rispetto al volume dell'elemento, porosità della lastra, ecc.).

7° determinazione del numero di cariche e scariche che possono essere sopportate dalle lastre positive e negative senza riduzione della loro capacità;

8° analisi del piombo usato per l'ossatura e per massa attiva, e speciali descrizioni della modalità dei supporti, di montaggio, ecc.

9° determinazione sulla resistenza meccanica della lastra, ecc.

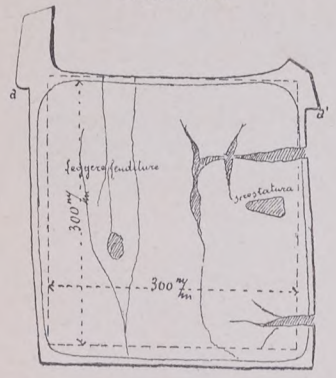
Io mi auguro che anche, se nelle conseguenze di quanto ho esposto i miei colleghi non saranno d'accordo con me, saranno almeno d'accordo nei principî di massima: di esigere cioè di più, e più precisamente dalle case fabbricanti quanto debbono dare; si eviteranno così dei danni economici agli industriali, e si concorrerà al miglioramento di questo ramo certamente importante di elettrotecnica.

La *Discussione*, fatta in seguito a questa lettura, è pubblicata nel vol. III a pag. 500 (Verbale dell'Assemblea generale).

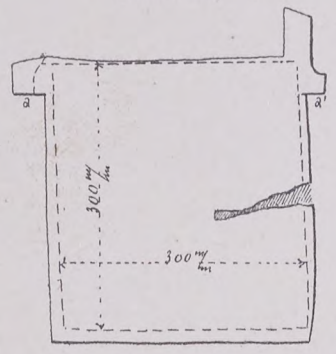
Digitized by Google

LASTRE DI ACCUMULATORI DEFORMATE.

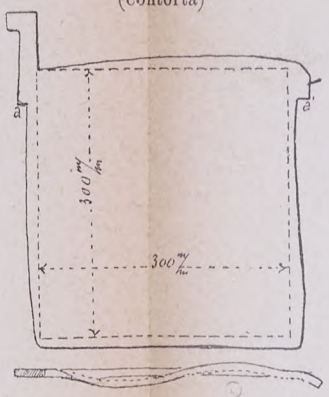
Tudor tipo *C*
Dopo 4 anni di funzionamento
Allargamento { Laterale . . . cm. 5.5 / Longitudinale » 1
raddrizzata



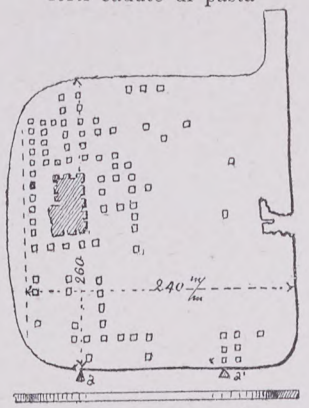
Tudor tipo *C*
Dopo 15 mesi di funzionamento
Allargamento { Laterale . . . cm. 2 / Longitadinale » 1.5
raddrizzata



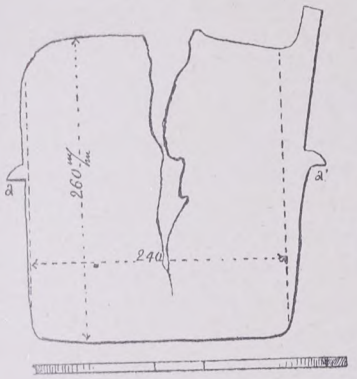
Tudor tipo *C*
Dopo 3 anni e mezzo di funzionamento
Allargamento { Laterale . . . . cm. 3 / Longitudinale . » 2
(contorta)



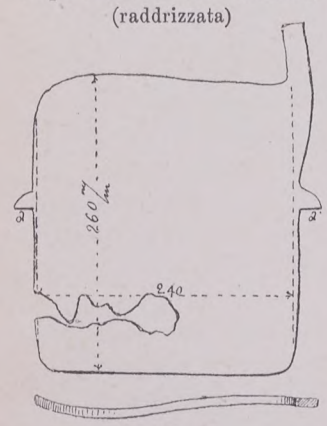
Tipo *E P S*
Dopo 2 anni di funzionamento
Leggere deformazioni
forti cadute di pasta



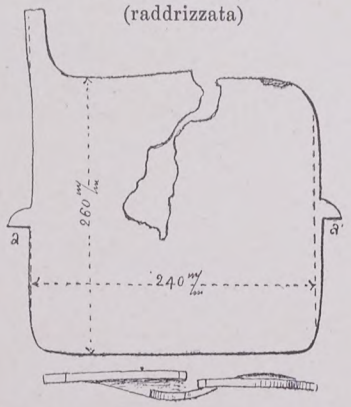
Tipo *E P S*
Dopo 3 anni di funzionamento
(raddrizzata)



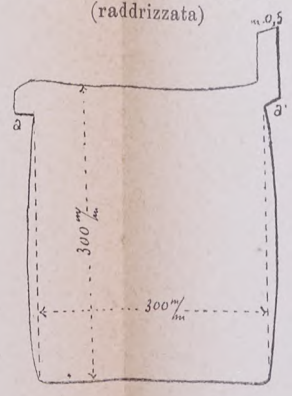
Tipo *E P S*
Dopo 3 anni di funzionamento
(raddrizzata)



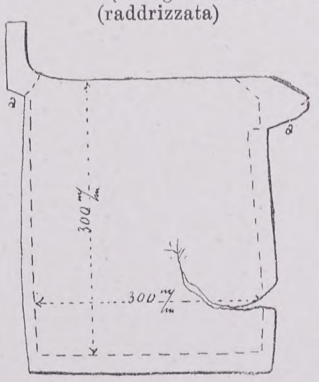
Tipo *E P S*
Dopo 3 anni di funzionamento
forti deformazioni
(raddrizzata)



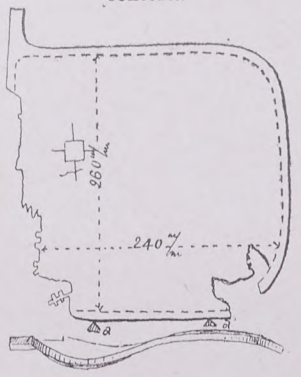
Tudor tipo *C*
Dopo 15 mesi di funzionamento
Allargamento { Laterale . . . cm. 1.5 / Longitudinale » 0.5
(raddrizzata)



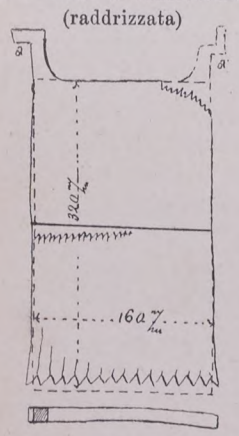
Tudor tipo *C*
Dopo 3 anni di funzionamento
Allargamento { Laterale . . . cm. 3.5 / Longitudinale » 2
(raddrizzata)



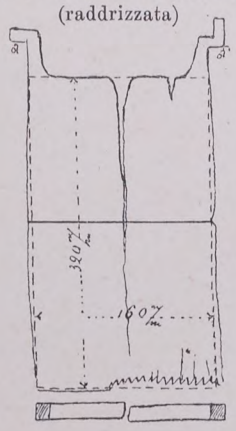
Tipo *E P S*
Dopo 3 anni di funzionamento
forti. deformazioni
contorta



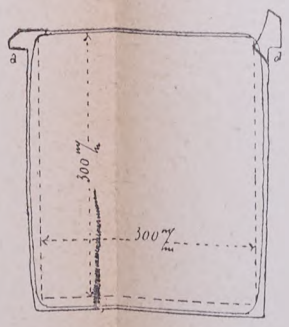
Tudor tipo *D*
Dopo 18 mesi di funzionamento
(raddrizzata)



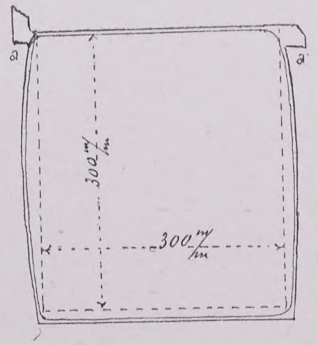
Tudor tipo *D*
Dopo 18 mesi di funzionamento
(raddrizzata)



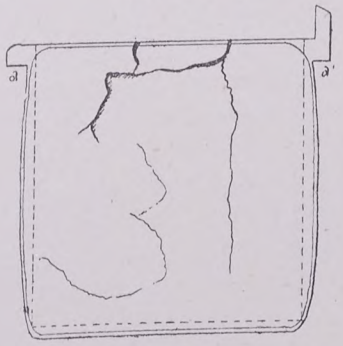
Tudor tipo *C*
Dopo 4 anni di funzionamento
Allargamento { Laterale . . . cm. 4 / Longitudinale » 2.5
(raddrizzata)



Tudor tipo *C*
Dopo 3 anni funzionamento
Forti dilazioni con scrostamento
(raddrizzata)



Tudor tipo *C*
Dopo tre anni di funzionamento
forte contorcimento
(contorta)



NB. — *a-a'* punti di appoggio delle lastre. Le lastre ***E P S*** (Eletrical Power Storage) sono del tipo *L*. La linea intera esterna in ciascuna lastra indica le dimensioni della lastra usata, la linea punteggiata interna indica le dimensioni della lastra originale. Le diverse nature di deperimento in ciascuna lastra dipendono in generale da difetto di resistenza meccanica in relazione alle modalità di appoggio delle lastre e dilatazione delle stesse: le azioni elettrochimiche concorrono in misura maggiore o minore a tale deperimento. Ometto ulteriori schiarimenti perchè le figure per sè stesse mi paiono evidenti.

Digitized by Google

Digitized by Google

N. 2.

CONTRIBUTO ALLO STUDIO

DELLE OSCILLAZIONI PENDOLARI PROPRIE DELLE MACCHINE SINCRONE

COMUNICAZIONE

*dell'***Ing. GUIDO SEMENZA,** *letta alla Sezione di Milano nella Seduta del 4 dicembre 1903.*

L'occasione che ebbi di seguire durante l'estate scorsa le prove condotte dall'ing. Rebora (1) su due stazioni generatrici distanti fra di loro, e tra le quali la marcia in parallelo non era possibile, prove di cui egli ha esaurientemente dato conto all'Associazione, mi spinse per l'interesse grande che il fatto suscitava in me a continuare nello stesso ordine di esperienze e di ricerche.

L'ing. Rebora, con una elegante e semplice ricerca, ha messo in evidenza come la ragione dell'inconveniente lamentato stesse nella resistenza della linea, resistenza che, quando superava un certo valore, dava luogo al fenomeno delle oscillazioni pendolari e oltre a certi limiti all'instabilità della marcia in parallelo.

In secondo luogo, ha dimostrato che la reattanza della linea entro i limiti in cui potè variarla non aveva influenza sensibile nel fenomeno.

***

Allo scopo di addentrarmi maggiormente nello studio della questione ho eseguito due serie di esperienze: la prima, su due alternatori condotti da motori elettrici a corrente continua, alimentati questi da batteria di accumulatori; la seconda, su un motore sincrono connesso alle sbarre collettrici di un grande impianto.

La prima serie di esperienze non potè riescire completa per ragioni da me indipendenti, ma diede tuttavia anch'essa risultati di notevole importanza.

***

Ciò che colpisce nella relazione delle esperienze Rebora è il prodursi delle oscillazioni pendolari quando la resistenza del circuito raggiunga certi limiti; e di fatto, tanto nelle esperienze Rebora

(1) V. " Atti dell'A. E. I. „ vol. VII, pag. 624.

Digitized by Google

quanto in quelle eseguite da me, la disincronizzazione non avveniva mai per processo improvviso o graduale, ma sempre come conseguenza di uno stato oscillatorio che, aumentando di ampiezza, portava le macchine fuori del limite di stabilità.

Per questo, considerando che lo studio del fenomeno in questione non potesse dissociarsi da quello delle oscillazioni pendolari, ho voluto mettermi da principio nelle condizioni le più favorevoli per osservarle, tentando di eliminare, per quanto possibile, ogni causa perturbatrice.

La scelta di due alternatori i cui motori primi dipendessero da una potente batteria di accumulatori rappresenta una condizione quasi ideale.

***

Gli alternatori, che chiameremo *A* e *B*, erano due macchine americane identiche, usate ordinariamente come motori sincroni nella officina di Santa Radegonda della Società Edison di Milano.

I dati di queste macchine sono i seguenti:

Correnti trifasi; potenza, 300 KW; frequenza, 42 cicli al 1″; velocità, 420 giri al 1′; tensione, 3550 volt; tipo ad induttore rotante con 12 poli tutti avvolti; avvolgimenti dell'armatura distribuiti in 9 canali aperti per polo; poli lamellati con piccola flangia metallica intorno a ciascuno di essi; resistenza di ciascun ramo del circuito d'armatura (avvolgimento a stella), 0.45 ohm dopo parecchie ore di lavoro; la reattanza massima, minima e media di ciascun avvolgimento è data dal diagramma fig. 1 per i diversi valori dell'eccitazione.

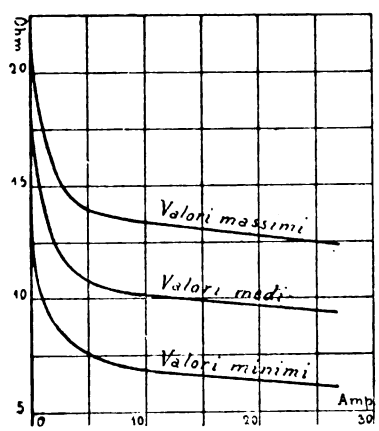


Fig. 1.

È bene precisare il significato che io dò alla parola *reattanza*.

Per me essa è l'espressione $2\pi n L$, cioè quella che moltiplicata per la corrente dà come prodotto la f. e. m. consumata dall'autoinduzione L del circuito.

Nel diagramma fig. 2 sono date la caratteristica a vuoto e la curva in V delle macchine.

I motori primi di questi alternatori erano per ciascuno una dinamo a corrente continua in derivazione, che riceveva corrente da

Digitized by Google

una delle grosse batterie dell'officina di Santa Radegonda (capacità, 4600 amp. per un'ora).

Tra i morsetti degli alternatori erano intercalati dei reostati variabili da 0 a circa 40 ohm.

L'insieme dei circuiti appare dalla figura 3.

***

Le esperienze che potei eseguire su queste macchine hanno dato i risultati che riassumo qui sotto.

Gli alternatori messi in parallelo con una resistenza 0 nel circuito che chiameremo linea, hanno una marcia assolutamente stabile.

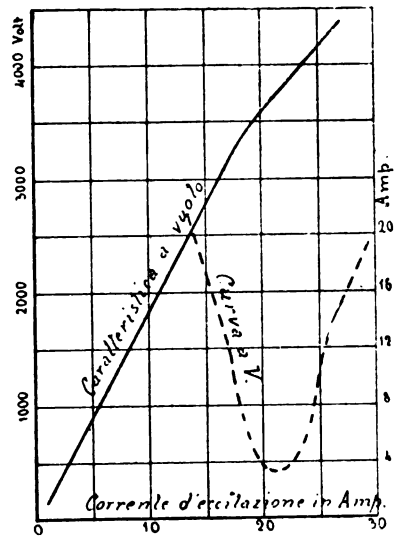


Fig. 2.

Questa stabilità, che si conserva anche se uno degli alternatori viene fatto girare come motore sincrono, e cioè togliendo corrente al relativo motore primo, si esplica nel fatto che qualsiasi perturbazione si venga a portare nella velocità dei motori primi, o della eccitazione degli alternatori, non dà origine ad

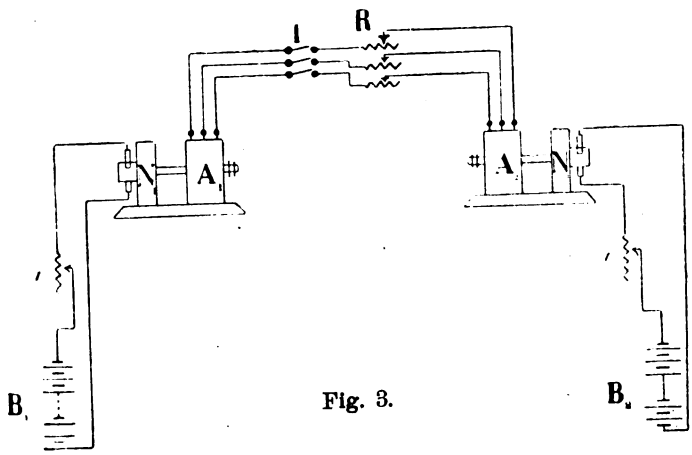


Fig. 3.

oscillazioni pendolari. Le correnti di scambio si conservano inoltre sempre deboli.

L'andamento dei fenomeni è diverso, a seconda che si esperimenti coi due alternatori condotti dai loro motori, o che uno degli alternatori, per esempio *A*, funzioni da generatore e l'altro *B* da

Digitized by Google

motore, trascinando la dinamo a corrente continua a vuoto, e cioè abbiamo, nel primo caso, nel complesso, una stabilità molto maggiore.

Quando le due macchine funzionino da generatori, la stabilità di marcia si conserva inalterata sino a che la resistenza di linea arriva intorno ai 10 ohm, corrispondenti ad una resistenza totale del circuito di 11 ohm circa. A questo punto comincia a rivelarsi lo stato oscillatorio, e cioè, dopo qualche momento di marcia, si osserva una leggera pulsazione degli aghi degli strumenti con un periodo vicino ai 100-105 colpi al 1'. Crescendo il valore della resistenza, questo movimento si accentua in ampiezza e decresce in frequenza.

Così ad una resistenza del circuito di 12.7 ohm le elongazioni dell'amperometro di linea toccano i 30 ampère, e la frequenza è di 92 al minuto, l'eccitazione rimanendo la stessa che prima.

Il fenomeno aveva l'andamento che segue: messe in moto le due macchine, si faceva il parallelo, parallelo che in questo caso poteva essere eseguito con tutta precisione, non essendovi elementi esterni perturbatori. Appena in parallelo, gli strumenti non mostravano nessun movimento; tutto sembrava dover rimanere tranquillo; invece, dopo un tempo che varia fra 30" e 40", si incominciavano a notare negli istrumenti delle pulsazioni, dapprima appena percettibili, poi crescenti in modo continuo fino a portarsi ad una certa ampiezza che poi conservavano indefinitamente.

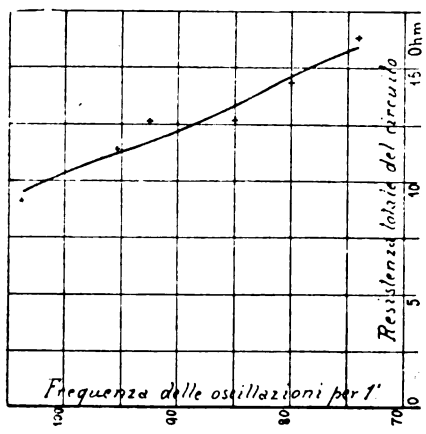


Fig. 4.

Le oscillazioni erano marcate dal tachimetro, dall'amperometro di linea, dal voltometro e dall'amperometro dell'eccitazione, le cui indicazioni variavano nel rapporto di 1 a 2.

Nella figura 4 è mostrato come la frequenza varii in funzione della resistenza del circuito per una data eccitazione; vedremo poi come la frequenza varii con la corrente d'eccitazione.

*
* *

Quando poi la resistenza del circuito superava i 20 ohm, le oscillazioni prendevano un andamento così ampio che dopo pochi colpi le macchine disincronizzavano.

Digitized by Google

I fenomeni sono insensibilmente alterati se, invece di far marciare le macchine a vuoto, queste vengono caricate, inserendo, per esempio, un motore asincrono carico sulle sbarre collettrici.

Invece, quando una delle macchine marci come generatrice e l'altra come motore, trascinante la dinamo collegatale a vuoto, i fenomeni sono identici, ma avvengono con valori della resistenza del circuito minore, e cioè, le pulsazioni cominciano a manifestarsi per una resistenza di circuito di 8 ohm.

La frequenza delle oscillazioni è anche, a parità di resistenza, minore.

Quindi vi è realmente una differenza di comportamento nei due casi, differenza che non era facile prevedere, ma che può essere forse spiegata nel fatto che nei due casi le reazioni interne degli alternatori agiscono diversamente, e quindi, a parità di corrente eccitante, l'intensità del campo non è la stessa.

Queste prime esperienze hanno dunque messo in evidenza:

1° Che la resistenza del circuito fra due alternatori in parallelo ha come effetto quello di dare o meno luogo allo stato di oscillazione pendolare;

2° Che l'ampiezza e il periodo crescono col crescere della resistenza del circuito;

3° Che oltre un certo limite della resistenza di linea si ha la disincronizzazione delle macchine;

4° Che le oscillazioni pendolari proprie non hanno bisogno di un impulso che determini una prima oscillazione avente l'ampiezza di regime, ma che appaiono quasi fossero autogene, e che la loro ampiezza cresce gradualmente senza che apparentemente intervengano azioni esterne;

5° Che, senza che la resistenza del circuito e la massa in movimento siano cambiate, vi ha un diverso modo di comportamento fra le macchine agenti ambedue da generatori e le macchine agenti una da generatore, l'altra da ricettore.

*
* *

La seconda serie di prove venne eseguita su un alternatore funzionante da motore sincrono a vuoto, alimentato dalle sbarre collettrici generali dell'impianto trifase di Milano; condizione diversa dalla precedente, perchè, mentre nel primo caso le variazioni di f. e. m. delle macchine alteravano notevolmente la differenza di potenziale sulla linea, in questo secondo caso la potenza dei generatori era così grande, che le variazioni di qualsiasi genere portate

Digitized by Google

dal motore sincrono, non influenzavano la differenza di potenziale delle sbarre collettrici.

I dati della macchina sono:

Correnti trifasi; potenza, 165 KW.; voltaggio, 3600 volt; frequenza, 42; giri, 315; induttore ruotante a 16 poli, di cui soltanto 8 avvolti; armatura con avvolgimento in fori.

Resistenza di ciascun ramo della stella, ohm. 1.03.

Le curve della figura 5 mostrano la caratteristica a vuoto, la curva in *V* del motore sincrono e i valori medii della reattanza in funzione della corrente d'eccitazione.

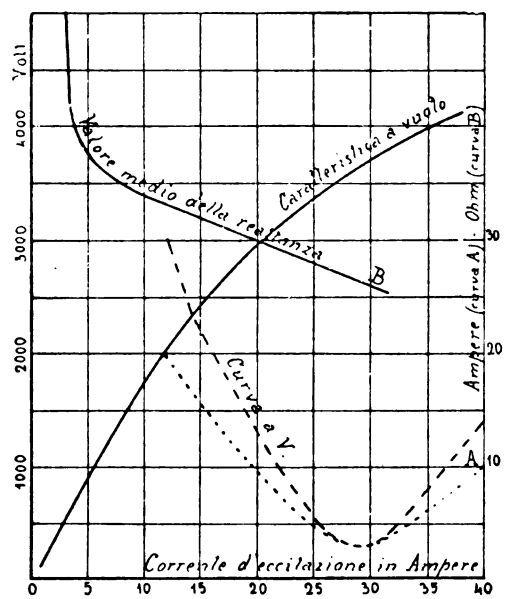


Fig. 5.

Le prove su queste macchine, come ebbi a dire, poterono essere condotte con maggiore precisione e finitezza.

Lo schema delle connessioni è mostrato nella fig. 6.

L'avviamento veniva eseguito valendosi della eccitatrice come motore.

Durante queste prove avevamo in giuoco tutte le cause perturbatrici che si hanno in un grosso impianto, e cioè: variazioni di potenziale di frequenza di carico e, quando le macchine a vapore dell'officina di Porta Volta erano in marcia, anche variazioni nella velocità angolare durante il giro della manovella. Queste cause però non avevano altro effetto che quello di velare i fenomeni di oscillazione pendolare quando poco sentiti; giacchè, quando essi assumevano ampiezze appena appena notevoli, prendevano decisamente il sopravvento.

Il nuovo fatto, messo in evidenza dalle prove su questo motore, fu la grandissima influenza che l'eccitazione del motore ha sul fenomeno.

Consideriamo la curva in *V* del motore.

Da essa vediamo che al suo punto più basso corrisponde ad una eccitazione di 29 ampère circa.

Digitized by Google

Quando una tale eccitazione venga mantenuta, non si rivela alcun fenomeno oscillatorio sensibile fino ad una resistenza di linea di circa 15 ohm.

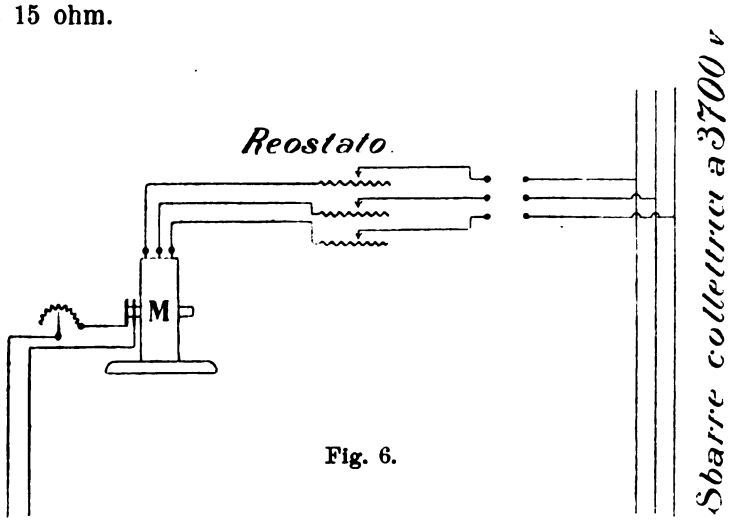


Fig. 6.

Se invece l'eccitazione viene portata fuori dalla posizione di corrente minima, sia in giù che in su, già per una resistenza di 11 ohm si ha un principio di movimento pendolare.

Le curve in alto della figura 7 mostrano in quale modo, per questa speciale macchina, la frequenza delle pulsazioni varii con la eccitazione e con le resistenze introdotte in circuito.

Quando la resistenza di linea tocca circa i 17 ohm, è difficilissimo conservare la stabilità di marcia; ma le prove danno a vedere che, con un regime tranquillo, si può conservare il parallelo per la eccitazione esattamente corrispondente di $\cos \varphi = 1$; ma, appena di fuori di questo valore, le oscillazioni prendono una tale ampiezza che il motore perde la fase.

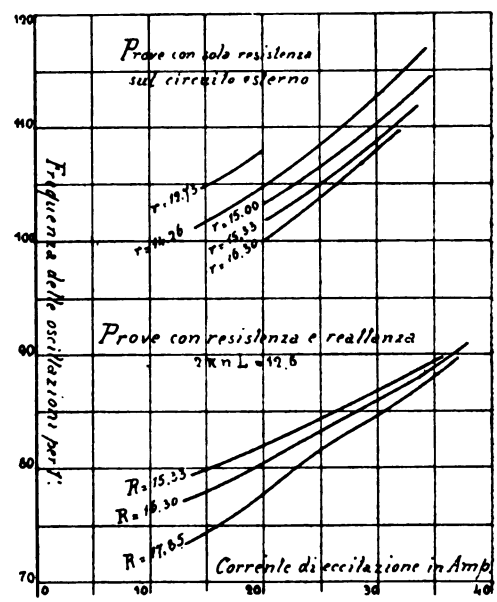


Fig. 7.

Digitized by Google

Le curve in basso della figura 7 sono invece dedotte con una reattanza di circa 13.6 ohm in ciascuno dei tre fili di linea. Erano esse formate dai secondari di tre trasformatori; contenevano quindi del ferro. Ora, in queste condizioni la frequenza delle oscillazioni era assai diminuita, mentre la stabilità era fortemente aumentata, tanto che con la resistenza di 17 ohm in circuito, le oscillazioni non assumevano ampiezze esagerate, nemmeno con eccitazioni assai diverse da quelle per $\cos\varphi = 1$.

Inoltre la curva in *V*, come si vede nella figura 5, riesce in questo caso assai più larga ed arrotondata.

Durante le prove venne eseguita l'esperienza seguente:

Ottenuto un certo regime di oscillazioni, si riportava rapidamente l'eccitazione al valore corrispondente a $\cos\varphi = 1$. Allora le oscillazioni, pur modificando il loro periodo, in pochi secondi si ammorzavano e sparivano completamente.

*
* *

Riassumendo, le esperienze eseguite sulla macchina *C* hanno confermato i punti principali dimostrati dalle esperienze sulle macchine *A* e *B*, ed hanno inoltre messo in evidenza:

1° Che con eccitazione corrispondente a $\cos\varphi = 1$, non vi è tendenza allo stabilirsi delle oscillazioni, anche per resistenze di circuito assai forti;

2° Che l'ampiezza delle oscillazioni è tanto maggiore quanto più ci si allontana dalla posizione di $\cos\varphi = 1$, tanto in un senso che nell'altro;

3° Che la reattanza del circuito ha una funzione decisa nel rendere meno ampie le oscillazioni, e quindi nell'assicurare la stabilità della marcia;

4° Che nelle condizioni di $\cos\varphi = 1$ le oscillazioni si smorzano assai rapidamente;

5° Che la frequenza delle oscillazioni non appare essere legata con la stabilità di marcia.

*
* *

Tali sono dunque in breve le esperienze da me eseguite. Gli autori che si sono occupati delle oscillazioni pendolari delle macchine sincrone, hanno specialmente diretto la loro attenzione al caso in cui esse siano originate da irregolarità nella rivoluzione dei motori primi; tuttavia qualcosa di molto pregievole si trova negli scritti dello Steinmetz, del Blondel, del Boucherot, del Kapp e del Görges anche intorno ai moti pendolari proprii; e con l'aiuto di questi ho

Digitized by Google

voluto tentare di rendermi ragione dei fenomeni osservati, e le conclusioni a cui sono venuto formano oggetto di quanto segue.

***

Converrà, per intenderci, richiamare qualche punto della teoria degli alternatori e della loro marcia in parallelo.

Quando due alternatori simili siano connessi in parallelo a vuoto e la loro forza elettromotrice sia eguale, e la velocità dei motori primi identica ed il il grado di regolarità infinito, il diagramma vettoriale si riduce ad una retta rappresentante la f. e. m. dei due alternatori. Questa però è una condizione ideale: nella pratica una o più di queste condizioni non è verificata, ed allora i vettori delle f. e. m. non coincidono e formano fra loro un angolo. Il diagramma della fig. 8 dà la rappresentazione vettoriale del fenomeno. Le due f. e. m. OE_1 e OE_2 formando fra di loro un angolo α, deve esistere fra i due alternatori una differenza di potenziale che è rappresentata da E_1, E_2. Sotto l'azione di questa circola nel circuito, formato dalle due armature e dalla linea che le congiunge, una corrente la cui intensità è determinata dalla impedenza del circuito stesso. Se i è questa corrente, r e L la resistenza e reattanza del circuito, avremo $E_2M = ir$ ed $M_1E_1 = 2\pi nLi$. La direzione E_2M è quella della corrente di circolazione, e φ_1 e φ_2 rispettivamente gli angoli di spostamento di fase fra la f. e. m. degli alternatori e la corrente.

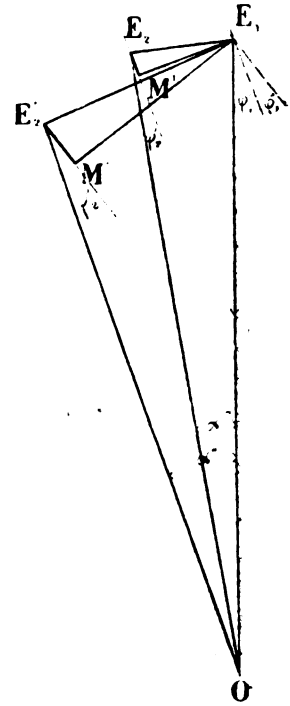


Fig. 8.

È bene notare che, per quello che ci occupa, la resistenza e la reattanza del circuito hanno la medesima influenza, sieno interne od esterne agli avvolgimenti delle macchine.

Fintanto che resistenza e reattanza rimangono invariate, il triangolo E_1E_2M si mantiene simile a sè stesso: conviene inoltre ricordare come tg. $E_1EM = \frac{2\pi nL}{r}$.

Se invece che di due alternatori si tratta di un motore sincrono collegato a delle sbarre collettrici e che il motore sia di potenza trascurabile, rispetto alla potenza dei generatori, il diagramma vettoriale rimane il medesimo, ma E_1 rappresenta la differenza di potenziale delle sbarre, E_2 la f. e. m. del motore, e le resistenze e

Digitized by Google

reattanze sono quelle del circuito del motore, più quella della linea congiungente il motore stesso alle sbarre.

Questi diagrammi si riferiscono in origine a macchine monofasi: ma se coi vettori OE_1 ed OE_2 rappresentiamo le tensioni al centro di un sistema trifase, si applicano anche a questo senza alcuna modificazione.

Ricordiamo che la corrente fornita da alternatori in parallelo o assorbita da motori sincroni varia con la intensità della corrente d'eccitazione; e la rappresentazione del fatto è data dalle cosiddette curve in V che appaiono nelle figure 2 e 5.

Nella rappresentazione vettoriale la variazione del valore della corrente di eccitazione è rappresentata da un accorciamento o da un allungamento della linea OE_2. Quando $OE_2 = OE_1$, e la macchina giri a vuoto, l'angolo fra le due f. e. m. è piccolissimo e la direzione della corrente E_2M è molto prossima a quella della f. e. m., quindi: il valore delle f. e. m. risultante E_1E_2 è quello sufficiente a far passare la corrente rappresentante la potenza necessaria a trascinare il motore; e poichè $\cos\varphi_2$ è vicinissimo all'unità, questa corrente è assai piccola.

Ma quando OE_2 sia diverso da OE_1, si stabilisce un nuovo regime di cose: dovendo il triangolo E_1ME_2 conservarsi simile a sè stesso, perchè il rapporto $\frac{2\pi nL}{r}$ non varia, l'angolo φ aumenta, e di conseguenza l'intensità della corrente d'armatura. Questa corrente è sfasata indietro o avanti a seconda che l'eccitazione sia minore o maggiore di quella corrispondente a $\cos\varphi = 1$. Per esprimersi più rigorosamente, bisognerebbe distinguere le posizioni di $\cos\varphi_1 = 1$ da quella $\cos\varphi_2 = 1$, ma praticamente queste posizioni sono vicinissime e si può ritenere che si confondano.

Supponiamo ora che l'impedenza del circuito rimanga costante, ma che vari il rapporto fra resistenza e reattanza, ne risulterà una forma diversa del triangolo E_1ME_2.

Aumentando la resistenza, l'angolo E_1E_2M, la cui tangente è appunto $\frac{2\pi nL}{r}$, diminuirà, e φ_2 di conseguenza si farà maggiore; aumentando invece L, l'angolo φ_2 scemerà.

La resistenza e la reattanza agiscono quindi in senso inverso di fronte all'angolo di sfasamento interno del motore, e considerando il modo con cui risulta la curva in V dei motori sincroni, si può facilmente dedurre che la resistenza del circuito ha per conseguenza quella di rendere la curva in V più acuta, mentre la reattanza ha come effetto quello di arrotondarla.

Digitized by Google

Una considerazione della curva in V mostra come nella regione di eccitazione bassa si deve arrivare ad un punto in cui essa diventa verticale o s'incurva indietro, come del resto la teoria insegna, questa rappresenta un limite di eccitazione, per cui il motore non può più stare in fase, ossia un limite di stabilità. Questo limite corrisponderà ad una corrente d'eccitazione tanto più bassa quanto più grande sarà la reattanza e più piccola la resistenza del circuito.

***

Queste deduzioni risultano più chiare quando si penetri nella considerazione fisica dei fenomeni. Poichè le prove eseguite si riferiscono a macchinario trifase, considereremo un alternatore trifase e supporremo per semplicità che marci come motore sincrono.

Le correnti circolanti nell'armatura, che supporremo fisse, danno luogo ad un campo Ferraris che ruota uniformemente trascinandosi dietro l'induttore. Quando il motore sia eccitato in modo da assorbire il minimo di corrente, gli assi dei poli corrispondono agli assi del campo Ferraris. Si muti sensibilmente l'eccitazione, per esempio diminuendola: una corrente maggiore attraverserà l'armatura, e gli assi dei poli si sposteranno, rispetto a quelli del campo ruotante, di un certo angolo.

Se, invece di variare l'eccitazione, con un mezzo qualunque, si riesca a far accelerare l'induttore (il rotore) rispetto all'armatura (lo statore), l'effetto sarà analogo al precedente, e cioè, poichè avremo spostato gli assi dei poli rispetto a quelli del campo ruotante, la f. e. m. del motore non sarà più nettamente opposta a quella esterna, e la loro differenza intesa nel senso delle rappresentazioni geometriche, ammetterà nei circuiti dello statore una corrente più intensa. Questa corrente avrà per effetto quello d'intensificare il campo dello statore, e darà luogo ad una coppia che tenderà a riportare i poli del rotore nella loro posizione primitiva. Questa è la ragione prima della marcia sincrona degli alternatori: e cioè: che uno spostamento qualsiasi dalla posizione reciproca di regime di statore e rotore, genera una coppia che tende ad opporsi allo spostamento stesso.

Siccome poi l'intensità del campo è entro certi limiti proporzionale alla corrente che lo attraversa, e il flusso del rotore dà luogo alla f. e. m. del motore, e poichè infine l'azione fra i due flussi è funzione dei prodotti dei loro valori istantanei, questa azione sincronizzante si può esprimere col prodotto $E_2 i \cos \varphi_2$.

Questa non è altro che la formola della potenza consumata nel motore per vincere le sue resistenze passive: ed è naturale che sia così, perchè l'azione del ricondurre il rotore nella sua posizione di

Digitized by Google

regime, rispetto al campo girante, corrisponde ad una variazione di forza viva, ossia ad un lavoro meccanico positivo o negativo compiuto dal motore.

Se si tratta di alternatori in parallelo la cosa è la stessa: i due alternatori tendono a conservare la marcia sincrona, perchè ogni spostamento relativo dà luogo ad una corrente che agisce nel senso di ritardare quella macchina che ha accelerato e di accelerare quella che ha ritardato.

La cosa ha naturalmente un limite, e cioè: vi sarà un certo angolo di spostamento oltre il quale la forza sincronizzante comincierà a decrescere: questo angolo è denominato l'angolo limite di stabilità e si dimostra nella teoria della marcia in parallelo, che esso è uguale all'angolo che ha per tg. $\frac{2\pi nL}{r}$ ossia all'angolo $E_1 E_2 M$.

Ancora una volta appare dunque l'influenza opposta della reattanza e della resistenza del circuito: l'una allarga e l'altra restringe l'angolo limite di stabilità.

***

Queste rappresentazioni grafiche, le quali rendono così semplice lo studio delle correnti alternanti, hanno però dei gravi vizi di origine, esse sono ottenute trascurando molti degli elementi essenziali del fenomeno; tantochè si può affermare che la loro semplicità derivi appunto dall'avere eliminato *a priori* tutti i punti difficili. Infatti; per arrivarci si suppongono le correnti i sinusoidali, e non lo sono; si suppone la reattanza dei circuiti costante, mentre essa varia con la posizione dei poli rispetto allo statore, con l'eccitazione dell'alternatore e coll'intensità della corrente dello statore. Infine si trascura un elemento importante e variabile con una legge assai poco nota: la reazione dell'indotto.

Ora, la reattanza e la reazione hanno una parte rilevantissima nei fenomeni di cui ci stiamo occupando: perciò le rappresentazioni grafiche, pur servendo di orientamento generale per la comprensione dei fatti, non potranno esserci di molto aiuto.

***

Ciò premesso, intraprendiamo lo studio delle oscillazioni pendolari. Il motore sincrono trifase sarà il caso più semplice.

Si trovi esso a girare in una condizione qualsiasi di regime: sia α l'angolo della f. e. m. delle sbarre con la f. e. m. del motore, e un impulso esterno lo determini ad aumentare l'angolo α; abbiamo visto che si susciterà una coppia dovuta all'azione sincronizzante che tenderà a farlo ritardare. Ora, nel mentre la coppia agente

Digitized by Google

varia istantaneamente con la posizione reciproca di rotore e statore, la variazione nella velocità segue la coppia sollecitante con un ritardo dovuto alla inerzia della massa: abbiamo quindi le condizioni sufficienti per lo stabilirsi di un moto pendolare. Non altrimenti il pendolo conserva il suo moto perchè, quando la massa è caduta al suo punto più basso e la componente orizzontale della gravità è spenta, quella conserva la velocità acquisita nella discesa.

Il rotore dunque, una volta ricevuta una impulsione, retrocede e giunge alla sua posizione primitiva rispetto al campo ruotante con una velocità che gliela fa oltrepassare, ed assume senz'altro un moto pendolare.

Questo moto potrebbe essere conservato in modo indefinito se non ci fossero azioni ammorzanti.

Il periodo che assume il movimento pendolare è determinato e varia con la resistenza, con la reattanza e con l'eccitazione delle macchine, come abbiamo visto dalle nostre esperienze, e infine col momento d'inerzia della parte ruotante.

La frequenza delle oscillazioni è legata a queste quantità da una relazione alquanto complessa.

I diversi autori che hanno studiato la questione dal lato teorico arrivano a formole diverse, a seconda delle assunzioni fatte.

Il Blondel porta la seguente, dove F è la frequenza delle oscillazioni e $2p$ il numero dei poli, n la frequenza della corrente, K il momento d'inerzia della parte ruotante:

$$F = \frac{p}{2\pi} \sqrt{\frac{2 E_1 E_2 \operatorname{sen}\left(arctg \frac{2\pi L}{r}\right) \cos\theta}{2\pi n \,.\, K \sqrt{2\pi n L^2 + r^2}}}$$

La formola dello Steinmetz è poco dissimile, ma in ogni modo reattanza e resistenza entrano nella stessa forma, e cioè:

$$\frac{\operatorname{sen}\left(arctg \frac{2\pi nL}{r}\right)}{\sqrt{2\pi nL^2 + r^2}}$$

Ora è interessante di vedere come queste formole, che sono dedotte senza tenere conto della legge con cui variano alcune delle quantità in giuoco, vadano d'accordo coi risultati delle esperienze.

Nell'espressione suddetta è facile vedere che assumendo r (resistenza del circuito) come variabile, l'espressione stessa prende valori continuamente decrescenti coll'aumentare di r, ciò che è pienamente confermato dalle esperienze.

Digitized by Google

Se assumiamo L come variabile, la funzione dapprima cresce con L poi ha un flesso, dopo il quale diminuisce, tendendo ad $\frac{1}{2\pi nL}$. Nelle nostre prove abbiamo trovato per un valore abbastanza elevato della reattanza un valore basso della frequenza, ciò che indica che, pel valore di L usato, il flesso era già oltrepassato.

Ciò dimostra che le formole in questione, quantunque inadatte a determinare quantitativamente il fenomeno, pure, possono dare una idea esatta dell'andamento del fenomeno.

*
* *

Un pendolo non conserva il suo movimento indefinitamente, perchè gli attriti delle sospensioni e del mezzo in cui oscilla convertono a poco a poco in calore l'energia del primo impulso ricevuto.

Analogamente in un alternatore vi sono attriti elettro-meccanici che assorbono quest'energia del moto pendolare, e precisamente le correnti suscitate dal moto stesso in tutte le masse metalliche delle macchine, le correnti indotte nel circuito dell'induttore e gli attriti meccanici.

E che questi attriti siano importanti lo mostra il fatto che quando un alternatore, per esempio, sovraeccitato ed in istato di oscillazione viene rapidamente ricondotto alla eccitazione di corrente minima, salvo condizioni speciali, le oscillazioni si ammorzano in pochi minuti. Così pure, quando si faccia un cattivo attacco in parallelo si hanno delle oscillazioni ampie che in breve scemano e scompaiono completamente.

Quindi, e importa ben lo stabilirlo, il movimento pendolare non può conservarsi per semplice inerzia, perchè le forze ammorzanti sono energiche, ma occorre che intervenga un'altra causa interna ed esterna al motore.

*
* *

Abbiamo anche visto, nel corso delle esperienze, che i moti pendolari non avevano bisogno di un impulso deciso per stabilirsi, ma che sembravano quasi originarsi da soli. Questo non è ammissibile e potremo però sempre supporre che una prima impulsione ci fosse, se non altro, al momento dell'accoppiamento in parallelo.

I moti pendolari crescevano di ampiezza fermandosi qualche volta ad un regime, amplificandosi altra volta fino a sorpassare l'angolo limite di stabilità.

Ancora qui è necessaria una spiegazione, e le esperienze della prima serie, dove ogni azione perturbatrice era soppressa, ci indicano che dobbiamo ricercarla nell'interno del motore stesso.

Digitized by Google

A questa causa, che è atta ad amplificare i moti pendolari, ha accennato recentemente lo Steinmetz in un suo lavoro. Essa è la reazione d'indotto.

La reazione d'indotto consiste essenzialmente nell'azione del flusso magnetico emanato dagli avvolgimenti dell'armatura sul flusso dell'induttore. Quando la corrente che circola nell'armatura è in fase con la f. e. m. dell'alternatore, questo flusso ha un'azione quasi nulla, perchè quando le espansioni polari si trovano in corrispondenza degli assi delle bobine, la corrente di queste passa precisamente per lo zero.

Quando invece la corrente sia spostata di fase in avanti od indietro essa non è più nulla, quando le espansioni polari si trovano di fronte alle bobine, quindi avviene la composizione dei due flussi e ne può sortire una risultante sia maggiore che minore del flusso che corrisponderebbe alla f. m. m. dell'induttore.

Normalmente una corrente in ritardo di fase indebolisce il campo, mentre una corrente in avanzo lo rinforza.

Ora, quando il motore o l'alternatore oscilla pendolarmente, poichè dà luogo a correnti il cui sfasamento varia durante l'oscillazione, la reazione d'indotto assumerà una pulsazione avente lo stesso periodo delle oscillazioni. E qui entra in giuoco l'isteresi magnetica. È noto che nel ferro il flusso non segue istantaneamente la f. m. m. che lo produce, ma subisce un ritardo dovuto ad una specie di inerzia del ferro nel modificare il suo stato di magnetismo. Questo fa sì che, quando durante l'oscillazione la elongazione dei poli ha raggiunto il suo massimo, l'effetto della reazione d'indotto è ancora nel periodo crescente e non arriva al suo valore massimo che quando i poli già stanno retrocedendo verso la posizione di regime. Supponiamo che l'elongazione abbia dato luogo ad una corrente che rispetto alla f. e. m. sia in avanzo, la reazione si eserciterà nel senso di aumentare il flusso induttore, e quando il polo giunto al massimo dell'elongazione comincierà a retrocedere, il flusso induttore, causa l'isteresi magnetica, continuerà ancora per un po' a crescere, comunicando un impulso al rotore nel senso in cui già sta modificando la propria velocità.

A rigore, basta che l'impulsione perduri durante il tempo brevissimo che il rotore impiega ad invertire il senso della sua variazione di velocità.

Il fenomeno è analogo a quello che avverrebbe in un pendolo se durante la sua discesa si potesse aumentare la forza sollecitante per poi diminuirla durante l'ascesa: l'ampiezza delle oscillazioni tenderebbe ad aumentare.

Digitized by Google

***

Abbiamo dunque in giuoco due cause le quali agiscono in senso opposto fra di loro: gl'impulsi dovuti alla reazione d'indotto che tendono ad amplificare le oscillazioni e le forze smorzanti che tendono a frenarle.

A seconda del valore reciproco di tali azioni il fenomeno prenderà forme diverse.

Quando gli alternatori in parallelo od il motore sincrono si trovano nelle condizioni di corrente minima, anche lo spostamento di fase è assai piccolo, e debole quindi la reazione; le forze smorzanti hanno allora il sopravvento e non si hanno moti pendolari. Quando invece le macchine si trovano a lavorare in una parte elevata della curva in V, le correnti sono intense e fortemente sfasate rispetto alla f. e. m., quindi la reazione intensa è assai variabile con gli spostamenti pendolari e tenderà a stabilirsi un moto oscillatorio permanente con un'ampiezza tale per cui l'energia aggiunta degli impulsi sollecitatori sia eguale a quella consumata dalle forze smorzanti. In condizioni speciali del circuito, questo equilibrio potrà sussistere per ampiezze eccedenti quello dell'angolo limite di stabilità: allora la macchina uscirà di fase.

Così potremo avere la marcia stabile, lo stato di oscillazione pendolare permanente e infine la disincronizzazione.

***

Ora possiamo facilmente vedere quali fossero le influenze delle variazioni di resistenze e reattanze durante le nostre prove. A parità di altre condizioni veniva variato l'angolo di spostamento fra le correnti d'armatura e la f. e. m. delle macchine o, in altre parole, veniva mutata la forma della curva in V e l'ampiezza dell'angolo limite di stabilità.

La resistenza del circuito stringe la curva in V, tendendo a renderla al limite una retta verticale. Quindi, con una resistenza notevole in circuito, non solo si amplifica il pulsare della reazione d'indotto per piccole variazioni dell'eccitazione, ma si rende anchè più acuta la punta della curva in V.

Ed a questo proposito conviene ricordare un fatto occorso durante le esperienze, che a prima vista non riesciva d'interpretazione molto chiara. Con una forte resistenza in circuito (circa 16 Ohm), partendo dalla condizione di $\cos\varphi = 1$ il motore sincrono C si manteneva in moto senza oscillazioni pendolari. Sovraeccitandolo, queste si manifestavano con ampiezze sempre crescenti. Si riconduceva al-

Digitized by Google

lora l'eccitazione al valore primitivo, ma le oscillazioni non cessavano, come poteva attendersi, ma continuavano fino alla disincronizzazione.

Il fatto si spiega coll'osservazione che, essendo la resistenza del circuito elevata, la curva in V si faceva assai acuta; fino a che il motore rimaneva nella parte più acuminata senza perturbazioni, gli impulsi della reazione erano ammortiti, quando invece gli si comunicava un impulso energico, quantunque poi fosse ricondotto nella posizione di $\cos\varphi = 1$ le elongazioni lo portavano in una zona in cui la reazione era assai intensa.

Così non avveniva con resistenza bassa e tanto meno con reattanza forti in circuito, per le quali erano necessari valori elevati della resistenza onde ottenere oscillazioni, e queste anche poco accentuate.

***

Altri risultati delle esperienze trovano giustificazione in quanto esposto.

Infatti, gli alternatori A e B cominciavano a presentare oscillazioni a valori della resistenza più bassi che il motore C, ma, mentre i primi davano stati pendolari permanenti fra 8 e 20 Ohm di resistenza di circuito, il secondo non li dava che fra 11 e 16 Ohm.

Questa differenza può doversi a parecchie ragioni. Le macchine A e B hanno un'autoinduzione minore, e quindi un valore meno elevato della resistenza può sfasare maggiormente la corrente. In secondo luogo esse hanno i poli lamellati, quindi il ritardo per isteresi magnetico minore e l'intensità degli impulsi derivantevi minore. Il motore sincrono C ha invece un grado d'ammorzamento maggiore ed ha i poli solidi e soltanto una metà di essi avvolti.

Tutte queste ragioni possono spiegare come gl'impulsi pur essendo minori, possono nelle macchine A e B dare una maggiore latitudine fra i valori limiti della resistenza, per cui il fenomeno ha carattere permanente; mentre nel motore sincrono C gli impulsi più energici accompagnati da un ammorzamento più rilevante possono restringere maggiormente quei limiti.

***

Tutto ciò che ho detto sin qui tratta il problema in modo qualitativo e manca della caratteristica cui tendono tutte le ricerche della fisica: quella quantitativa.

Ma nello stato in cui è ancora oggi la questione, non mi riesce possibile andare più lontano; le quantità più importanti che entrano nei fenomeni sfuggono ancora al calcolo, e variano da macchina a

Digitized by Google

macchina; e molto probabilmente l'analisi completa del fenomeno è molto più complessa di quanto non abbia saputo esprimere in queste righe.

Potremo però ritenere sull'argomento alcune idee generali che riassumo qui sotto.

***

In ogni caso di marcia in parallelo, una perturbazione qualunque nella velocità tende sempre a dar luogo allo stato di oscillazione pendolare.

Questo stato è favorito e mantenuto dalle pulsazioni della reazione d'indotto, le quali, in grazia dell'isteresi magnetica del ferro, intervengono come azioni sollecitanti, mentre le forze ammorzanti che consumano l'energia delle oscillazioni tendono a spegnerle.

Ogni azione che tende ad aumentare la reazione d'indotto favorisce il formarsi delle oscillazioni. La resistenza e la reattanza del circuito hanno a questo riguardo effetti di capitale importanza, e la resistenza in special modo può portare conseguenze gravi, quando fra due macchine sincrone si trovi una lunga linea di trasmissione. Gli alternatori hanno infatti una resistenza debole di fronte alla propria reattanza: l'introduzione in un circuito di una linea aerea, nella quale la resistenza è invece dello stesso ordine di grandezza o anche assai maggiore della reattanza, può portare il rapporto di queste due quantità oltre i limiti per cui la marcia è regolare.

Questi limiti dipendono dal tipo dell'alternatore, e in generale per una trasmissione assai lunga non è difficile che vengano raggiunti.

La marcia in parallelo fra stazioni lontane non è quindi più da considerare come un problema sempre risolvibile, o, per meglio dire, spetterà ai costruttori lo studiare macchine specialmente adatte a questi casi particolari.

Sarà questo possibile? Entro certi limiti certamente. Senza volere invadere il campo gelosamente custodito dai costruttori, dirò, che le esperienze eseguite sembrano indicare che una reazione d'indotto moderata, i poli lamellati e l'applicazione di ammortitori energici sarebbero alcune fra le condizioni atte ad elevare i limiti di stabilità.

In ogni modo c'è molto da studiare ancora sull'argomento ed auguriamoci che uomini insigni negli studi d'elettrotecnica abbiano presto ad inquadrare questi fenomeni in una teoria che considerandone tutte le particolarità, possa fornire il mezzo di trattarli anche quantitativamente.

Digitized by Google

N. 3.

OSSERVAZIONI E PROPOSTE PER L'UNIFICAZIONE DEI SIMBOLI

COMUNICAZIONE

*dell'*Ing. **GIUSEPPE REVESSI** *letta alla Sezione di Roma nella Seduta dell'11 gennaio 1904.*

A guardare da lontano una montagna difficilmente si prevede la difficoltà di ritrovare la via e la fatica richiesta per arrivare in cima: qualche cosa di simile avviene per la questione dell'unificazione dei simboli, così modesta in apparenza, in realtà così scabrosa, non meno per le naturali difficoltà del problema, che per la generale reluttanza ad abbandonare in proposito le proprie idee.

È necessario quindi rendersi anzitutto conto ben chiaro di tutte le proposte fatte, tenendo conto, oltre che del loro valore intrinseco, anche dell'autorità di chi le ha lanciate. Ecco perchè io mi permetto di approfittare dell'invito fatto ai soci dal prof. Giorgi alla fine del suo coscienzioso lavoro sulle « Notazioni e simboli elettrici » (1), per ritornare sulla dibattuta questione.

Al principio del 1902, in Germania, l'Elektrotecnische Verein, un'associazione che se non ha l'importanza del Verband Deutscher Elektrotechniker, conta però numerosi soci, e fra essi i più eminenti degli elettrotecnici tedeschi, formò col Benischke, il Feussner, il Kapp, il Liebenow, il Neesen il Rössler e lo Strecker, una Commissione per studiare appunto l'unificazione dei simboli. Questa Commissione propose nel maggio di quell'anno una tabella di simboli (2), che riporto in appresso letteralmente tradotta, non tanto per il suo valore quanto per l'occasione, che ci offre, di farci conoscere l'opinione in materia dei circoli competenti tedeschi.

Non già che la tabella non sia stata oggetto di censure per opera dei tedeschi stessi, come ne fa fede la polemica svoltasi nelle colonne dell'*Elektrotechische Zeitschrift* negli ultimi mesi di quell'anno: ma queste critiche non prendono in generale di mira il concetto fondamentale delle proposte, che è quello di non discostarsi troppo dalla

(1) V. *Atti*, vol. VII, pag. 575.
(2) V. *E. T. Z.*, 1902, pag. 508.

Digitized by Google

tabella dell'Hospitalier, riguardano invece questioni di dettaglio; solo qualcuno vorrebbe, fatto notevole, trattandosi di tedeschi, liberare la tabella dalle lettere gotiche.

L'averle mantenute, anzi l'averne allargato l'uso, è infatti un grave ostacolo a rendere bene accette queste proposte fuori della Germania: lo stesso si può dire per la consacrazione di simboli per nulla in uso negli altri paesi, perchè iniziali di vocaboli tedeschi, come *A* per lavoro (Arbeit) e *W* per resistenza (Widerstand), generalmente meno noti dei corrispondenti francesi ed inglesi, e che non hanno quasi mai il vantaggio di avere con questi le iniziali comuni.

Noto ancora che lo Strecker nella relazione che accompagna la tabella, conviene nel concetto ammesso anche dal Giorgi, e del resto non sarebbe in pratica molto facile fare altrimenti, di lasciare completa libertà agli scrittori di accettare o no i simboli normali, egli propone però, e mi pare che della proposta si possa tener conto, di accompagnare all'impiego dei simboli normali una speciale sigla tipografica da premettersi al lavoro per avvertirne il lettore.

Dopo tanti anni dunque di abbandono la questione dei simboli è stata, come abbiam visto, risollevata recentemente in Germania, e, poco dopo, l'iniziativa presa in Inghilterra dalla Institution of electrical Engineers ha condotto da noi alle proposte del Giorgi. L'insuccesso della tabella dell'Hospitalier, confermato ormai da una lunga esperienza, avendo ancora prima del Congresso di Chicago l'Hospitalier patrocinato il proprio sistema, lascia prevedere quale potrà essere l'esito anche delle proposte dell'Elektrotecnische Verein, che ne sono una copia non troppo felice. Niun dubbio quindi che la tabella del Giorgi debba a preferenza servire come punto di partenza per un sistema di simboli normali: data però la grande diversità di opinioni, ritengo che converrà introdurvi delle modificazioni per accontentare se non i gusti personali di tutti, almeno le esigenze più legittime, avendo riguardo piuttosto alla scienza applicata che non alla scienza pura. So bene che una divisione netta fra scienza pura e applicata, specie in elettrotecnica, non è possibile, ma intendo distinguere con questi nomi da una parte i lavori teorici, che discendono direttamente dai classici, che spesso hanno necessità di simboli nuovi e che rimangono in un cerchio relativamente ristretto di lettori, per i quali non è una grande fatica preoccuparsi volta a volta dei simboli adoperati, e dall'altra l'enorme congerie di trattati destinati all'insegnamento e di lavori speciali più intimamente connessi colla pratica, per i quali, dato il numero ben maggiore degli interes-

Digitized by Google

sati e il livello medio della loro coltura, un sistema normale di simboli riuscirebbe d'incontrastata utilità.

I criteri allora per la scelta dei simboli già maestrevolmente svolti dal Giorgi, andrebbero a parer mio completati nella maniera seguente:

1° Rinunzia completa alle lettere gotiche, come già ha brillantemente sostenuto Heaviside nel suo trattato, riservando in conseguenza le sole lettere di carattere marcato ai vettori.

2° Rinunzia, per le analoghe ragioni, alle lettere greche maiuscole.

3° Rispetto massimo all'uso prevalente, specie per le grandezze geometriche e meccaniche, dove non soltanto gli elettrotecnici possono interloquire.

4° Ammettere anche con una certa larghezza le duplicazioni, purchè tali da escludere ogni equivoco, e quindi fra grandezze che difficilmente abbiano a trovarsi in relazione: così si potrebbe, per esempio scegliere i simboli della fotometria fra quelli del magnetismo: è questo un correttivo necessario allo scarso numero di lettere disponibili.

5° Aggiungere alla tabella del Giorgi i simboli di alcune grandezze in pratica di uso frequente, non però i simboli di altre, che, sebbene introdotte nella tabella dell'E. V., non sono di uso così corrente da giustificare la loro presa in considerazione in un sistema normale.

Questi criteri suggeriscono alcune modificazioni ed aggiunte alla tabella del Giorgi, alle quali brevemente voglio accennare.

Esse riguardano specialmente i simboli delle grandezze geometriche e meccaniche. Così rivedrei volentieri V come simbolo di volume e v ed j rispettivamente di velocità e di accelerazione. I vecchi simboli w (work) e p (power) mi sembrano fatti apposta per il lavoro e la potenza, ammettendone le maiuscole per le corrispondenti grandezze specifiche; il simbolo della quantità di moto va in conseguenza cambiato, per esempio, in Q. La lettera T sarebbe più adatta ad indicare la temperatura, al momento di coppia potendosi dare il simbolo D (Drehungsmoment), l'unico che di tutta la tabella avrebbe così una origine tedesca. La lettera ω è già prevalentemente usata dagli autori piuttosto per la velocità angolare, per la frequenza si potrebbe quindi adottare l'altra lettera greca ν, che ha il merito di mettere in evidenza la parentela di questa grandezza col numero di giri al minuto primo universalmente indicato con n; alla durata del periodo si potrebbe far corrispondere la lettera τ. Altre grandezze, che me-

Digitized by Google

riterebbero simboli normali sono gli angoli α, β, gli spostamenti di fase φ, ψ, il numero delle spire, N, il numero dei fili Z e il rendimento η.

Le grandezze elettriche e magnetica nella tabella del Giorgi poche modifiche richiedono. Tutt'al più si potrebbe aggiungere un secondo simbolo, per esempio, ε a quello proposto per la f. e. m., considerata la convenienza di avere in pratica per certe quantità più di un simbolo; questa convenienza è invece meno sentita per la resistenza, la conduttanza e la capacità, dove si protrebbero in conseguenza sopprimere le lettere maiuscole R, potendo così più utilmente servire come simbolo della reluttanza magnetica e G e K, rimanendo liberi ad indicare eventualmente delle costanti. Per i calcoli delle correnti alternate andrebbero poi aggiunti i simboli della ammittanza, della suscettanza, della impedenza e della reattanza, che potrebbero, per esempio, essere quelli di Steinmetz, rispettivamente y, b, z ed x. Il simbolo Φ, in omaggio ai principî esposti, andrebbe soppresso.

Una questione che merita pure un accordo è il modo d'indicare nelle correnti alternate i valori istantanei, massimi, medi ed efficaci e di distinguere le resistenze ohmiche dalle resistenze equivalenti od attive.

Il prof. Giorgi si occupa anche, e giustamente, nel suo lavoro delle notazioni relative alle unità; in tutto consento, fuorchè nel mantenere l'horsepower, un'unità che, insieme al nostro cavallo dinamico, vorrei vedere generalmente sostituita dal kilowatt.

Resta finalmente da battezzare la nuova unità di forza del sistema Giorgi; in confronto alla dina, della quale è un multiplo, e per analogia colla distinzione di piccola e grande caloria, potrebbe cominciare col chiamarsi la grande dina.

Esponendo queste considerazioni non ho avuto intenzione di coronarle con una nuova tabella, quelle proposte, unite alle critiche che esse hanno provocato, essendo sufficenti a tracciare la via, ma semplicemente di contribuire ad un accordo sull'importante argomento; se esso non sarà raggiunto, so di trovarmi, anche nell'insuccesso, in ottima compagnia.

Digitized by Google

Sistema di simboli proposto dall' " Elektrotechnische Verein. „

Numero	GRANDEZZA o PROPRIETÀ	Simbolo
	1. Grandezze fondamentali.	
1	Lunghezza	*L, l*
2	Massa	*M, m*
3	Tempo	*T, t*
	2. Numeri, grandezze geometriche e meccaniche.	
4	Numero delle spire	*N*
5	Area, superficie	*S, s*
6	Raggio	*R, r*
7	Spazio, volume	*V*
8	Angolo, arco	α, β
9	Velocità	*v*
10	Numero di giri	*d*
11	Frequenza	*n*
12	Accelerazione	*a*
13	Forza	*F, f*
14	Lavoro	*A*
15	Potenza	*P*
16	Rendimento	*h*
17	Pressione, tensione	*p*

Digitized by Google

Numero	GRANDEZZA o PROPRIETÀ	Simbolo
18	Momento d'inerzia	K
19	Momento statico e di rotazione	D
20	Densità, peso specifico	δ
	3. Grandezze termiche e fotometriche.	
21	Temperatura.	$\mathfrak{T}$, t
22	Quantità di calore	$\mathfrak{Q}$
23	Coefficiente di dilatazione	α
24	Intensità di luce	I
25	Flusso di luce	Φ
26	Illuminazione	E
27	Chiarezza.	e
28	Quantità di luce	Q
	4. Grandezze magnetiche.	
29	Quantità di magnetismo	$\mathfrak{m}$
30	Momento magnetico	$\mathfrak{M}$
31	Intensità di magnetizzazione	$\mathfrak{I}$
32	Forza magnetica, intensità del campo	$\mathfrak{H}$
33	Induzione magnetica.	$\mathfrak{B}$
34	Forza magnetizzante o f. m. m.	$\mathfrak{f}$
35	Numero delle linee di forza	$\mathfrak{Z}$, $\mathfrak{z}$

Digitized by Google

Numero	GRANDEZZA o PROPRIETÀ	Simbolo
36	Resistenza magnetica	$\mathfrak{W}$
37	Permeabilità.	μ
38	Suscettibilità.	$\varkappa$
39	Coefficiente d'isteresi.	η
	5. Grandezze elettriche.	
40	Forza elettromotrice	E, e
41	Differenza di potenziale, tensione	U, u
42	Resistenza	W, w
43	Intensità di corrente.	I, i
44	Quantità di elettricità	Q, q
45	Capacità	C, c
46	Coefficiente di induzione propria	L_s
47	Coefficiente di induzione mutua.	L_m
48	Resistenza specifica	ρ
49	Conduttanza specifica	γ
50	Costante dielettrica	ς
51	Equivalente elettrochimico.	α
52	Costante delle correnti vorticose.	β
53	Il lavoro e la potenza elettrica sono simboleggiati come il lavoro e la potenza meccanica.	

Digitized by Google

N. 4.

STUDIO DELL'IMPIANTO IDROELETTRICO

PROPOSTO DALLA COMMISSIONE MUNICIPALE DI TORINO

RELAZIONE

della commissione nominata dalla sezione di Torino nella seduta 8 gennaio 1904 letta nella seduta del giorno 23 gennaio 1904.

Il mandato che abbiamo ricevuto dall'assemblea è altrettanto importante quanto difficile e delicato.

La gravità del problema da risolvere non ha bisogno di essere dimostrata a chi consideri le conseguenze per l'erario municipale che nascerebbero infallantemente dalla costruzione del progettato impianto, qualora il suo risultato economico non rispondesse pienamente alle previsioni su cui si fonda la Commissione proponente.

La difficoltà di risolvere in modo pratico una tale questione risiede essenzialmente nel fatto che il risultato economico dell'impianto dipende non dalle condizioni attuali dell'industria cittadina, a cui in massima parte sarebbe destinata la nuova energia, ma bensì dallo sviluppo futuro di quelle industrie che s'intende promuovere: donde la logica conseguenza che, per avere l'assoluta certezza di afferrare la giusta soluzione, bisognerebbe essere profeti.

Delicato infine è il nostro mandato, sia perchè la costruzione di questo impianto idro-elettrico avrà certamente una grande e fors'anche una vitale influenza sull'avvenire delle Società che già esercitano in Torino l'industria di produzione e distribuzione di energia elettrica, sia perchè il problema fu già trattato ampiamente sui periodici cittadini, in una importante riunione della benemerita Società promotrice dell'industria nazionale, ed infine fu ed è oggetto di numerose e continue pubblicazioni per parte di egregie persone.

Dobbiamo per contro francamente ammettere che il nostro lavoro fu assai facilitato dall'esistenza di una copiosa messe di dati tecnici ed economici esposti nelle relazioni e nelle memorie che in questi giorni videro la luce.

Spigolando e vagliando questi dati, e pesando con scrupolosa prudenza le conseguenze che se ne possono dedurre, noi, sulle molteplici questioni cui dà luogo la discussa convenienza di costrurre il progettato impianto di Chiomonte, ci siamo formato le convinzioni che qui abbiamo l'onore di esporvi.

Digitized by Google

Per procedere nei nostri studi con precisione e chiarezza ci siamo proposti i seguenti quesiti, che riassumono, a parer nostro, tutti i punti interessanti della questione:

1° QUESITO.

Se esista e possa prevedersi per il prossimo avvenire in Torino un incremento dell'industria e del benessere che richiegga un aumento nella dotazione di energia elettrica.

2° QUESITO.

Ammessa una risposta affermativa al precedente quesito, discutere se sia possibile fornire questa energia a prezzi sensibilmente inferiori a quelli usati finora.

3° QUESITO.

Quali siano i prezzi più idonei per esplicare un intervento municipale affinchè l'Amministrazione comunale non ne risenta danno, e la popolazione ne ritragga efficace vantaggio, tenuto conto delle deliberazioni prese dall'onorevole Consiglio comunale e delle proposte che gli stanno davanti.

1° QUESITO.

Dal fatto che alcune concessioni di energia idraulica rimasero da parecchi anni senza utilizzazione, ed una di esse, già recata alle porte di Torino, non trovò finora quelle accoglienze che si sarebbe sperato, potrebbe nascere la persuasione che la città di Torino non senta il bisogno di una nuova dotazione di forza motrice.

Invece l'esame delle somministrazioni di luce e di energia fatte in questi ultimi anni dagli attuali concessionari e le indagini compiute nel campo industriale ci hanno indotti nella convinzione che sia da prevedersi un sensibile incremento nella richiesta dell'energia elettrica, specialmente se essa venisse offerta a condizioni migliori, e se avessero buon esito le trattative che le nostre autorità comunali e provinciali hanno incominciato per migliorare le comunicazioni ferroviarie che ci riguardano.

Molte ragioni aiutano a spiegare l'apparente contraddizione.

L'assorbimento di energia nella città di Torino, anche nelle migliori ipotesi, non può essere che graduale, ed in ogni caso non è sufficiente per allettare l'industria privata in un'impresa che, eseguendo un grande trasporto, sarebbe certamente passiva nei primi anni di esercizio, e rischierebbe di sviluppare la sua completa atti-

Digitized by Google

vità quando il peso delle prime annate e le cambiate condizioni del mercato renderebbero forse impossibile lo smercio della nuova energia a condizioni rimuneratrici.

Da ciò la riluttanza ad investire grossi capitali in simili imprese, quando una potente Società concessionaria tiene il campo; da ciò il poco brillante risultato sin qui ottenuto da una coraggiosa iniziativa concorrente; da ciò la necessità di introdurre in questi ragionamenti il coefficiente della rapidità di esecuzione, affinchè le previsioni non si spuntino contro le sorprese che si preparano di continuo in tale materia.

Se si considerano ancora le recenti disposizioni legislative sulla municipalizzazione dei servizi pubblici e le limitazioni che la nuova legge impone al lavoro notturno, si vedrà quanto sia modificato il campo di attività delle imprese idro-elettriche, e si spiegherà l'astensione o, per lo meno, la minor fiducia del capitale in queste iniziative.

Si è asserito che l'energia elettrica, non potendo concorrere con quella termica per le grosse unità a limitato orario, nè potendo combattere economicamente con altri sistemi di illuminazione, è destinata a contenere il suo campo entro limiti che si ritengono fin d'ora quasi completamente raggiunti, e che ad ogni modo non permetterebbero l'esistenza di un nuovo centro di produzione.

Ordinariamente il paragone economico fra i due sistemi di illuminazione si fa, sul prezzo della candela, tra il becco Auer da 40 a 50 candele e la lampada elettrica da 16, deducendone giustamente che quest'ultima non può sostenere la concorrenza.

Noi riteniamo che il lato economico non costituisca il più importante fattore in questa discussione: le peculiari qualità della luce elettrica, come la facilità di suddivisione, la sicurezza, la comodità, la pulizia, la semplicità del servizio, l'economia di manutenzione, le hanno aperto un così vasto raggio d'azione che spiega perfettamente il rapido sviluppo delle grandiose officine elettriche a fianco dei più importanti gasometri, che hanno continuato e continueranno a prosperare.

Il paragone, anche dal lato economico, per tenere giusto conto delle condizioni speciali dei due sistemi, non dovrebbe limitarsi alle unità che abbiamo sopra accennato, ma estendersi bensì dalle piccole lampadine di tre candele, che fanno ottima prova in alcuna delle nostre importanti centrali, fino alle lampade ad arco ed ai fari che si impongono nelle nostre illuminazioni pubbliche e nelle grandi industrie; e non dimenticare la lampada Nernst, che si pro-

Digitized by Google

pone di occupare da noi quel posto brillante che già tiene vittoriosamente altrove, e le prevedibili novità che nel campo delle piccole lampade ad arco si annunziano fin d'ora sotto i più lieti auspicî.

Analoghi concetti si possono applicare al paragone fra i vari sistemi di produzione dell'energia: è facile provare, e si ammette qui senza discussione, che l'energia elettrica trasportata a grande distanza e distribuita con criteri che ne garantiscano la continuità, non può economicamente competere coll'energia prodotta dalle grosse unità termiche ad orario limitato.

Ciò non esclude che alcune delle grandi industrie e la massima parte di quelle medie e piccole trovino convenienza, e talvolta abbiano l'assoluta necessità di servirsi dei motori elettrici, perchè il lato economico cede davanti alle qualità speciali di queste macchine.

E basta volgere il pensiero al meraviglioso incremento che queste distribuzioni hanno preso in pochi anni nelle grandi città italiane ed estere per escludere ogni dubbio sulla opportunità e sull'avvenire di queste imprese.

Circoscritto così il campo economico di concorrenza, la vostra Commissione si è formata la convinzione che l'energia elettrica sarà sempre la migliore ausiliatrice ed allettatrice delle piccole e delle medie industrie, necessaria talvolta nelle grandi, e quasi sempre nei progressi della trazione: uno dei più forti coefficienti di lusso e di comodità, uno degli indici del crescente benessere di una popolazione cittadina; benessere che si può desiderare a mille volte moltiplicato, ma che siamo lieti e fieri di constatare in bene augurante progresso nella nostra città.

Ecco per sommi capi perchè noi rispondiamo affermativamente al primo quesito, non solo come augurio, ma anche come prudente previsione.

Da ciò la necessità di rispondere al

2° QUESITO.

« Se sia possibile fornire tale energia a prezzi sensibilmente inferiori a quelli sinora usati ».

Prendiamo in esame le condizioni di produzione dell'energia coi mezzi idraulici.

L'imponente catena di montagne, che forma il più bell'ornamento del nostro panorama, fornisce entro un raggio di un centinaio di chilometri una miniera inesauribile di energia idraulica.

Digitized by Google

Dalla Valle della Dora Baltea a quella della Varaita, attraverso all'Orco, alla Dora Riparia, al Chisone, al Pellice ed al Po, la natura ha seminato tale ricchezza di forza motrice da far rimpiangere che soltanto una piccola parte di essa possa, nelle condizioni attuali della scienza e della tecnica, concorrere utilmente alla dotazione della nostra città.

Le decisioni degli amministratori nostri provvederanno, noi lo speriamo, in un non lontano avvenire, a che i rapidi e comodi mezzi di comunicazione allettino le grandi industrie ad utilizzare presso la loro sede queste energie, pur rimanendo la nostra città il centro di tutta questa rete di interessi commerciali e industriali.

Noi, per lo scopo che ci siamo prefisso, abbiamo fatto una diligente rassegna dei salti idraulici più importanti, limitandoci a fermare la nostra attenzione su quelli che presumibilmente possono aspirare alla dotazione di Torino.

Le eccessive distanze ci hanno fatto rinunziare ai progetti proposti relativi alla Varaita, alto Po ed alla Dora Baltea a monte di Aosta; le difficoltà locali, o la poca quantità di acqua assicurata o la mancanza di proposte concrete, ci hanno suggerito di escludere alcune concessioni che si riferiscono al Pellice, al Chisone, all'Orco ed agli affluenti della Dora Baltea. Cosicchè al nostro esame spassionato non hanno resistito che le energie delle due Dore.

Gli impianti idraulici che tendono ad utilizzare forti portate con medie cadute, come è il caso dei salti sulla Dora Baltea, importano generalmente sul costo del cavallo idraulico un onere maggiore di quello che si addice agli impianti fatti per utilizzare medie portate con forti cadute.

Ove non soccorra una sensibile differenza nelle distanze fra le stazioni generatrici e la città di Torino, gli impianti del secondo tipo acquistano necessariamente la prevalenza in linea economica.

Così, senza tediarvi con lunghe esposizioni di progetti e di cifre, riferiremo senz'altro la conclusione che per la città di Torino sia conveniente attingere l'energia elettrica che le possa occorrere dai salti della Dora Riparia a preferenza di tutti gli altri fiumi o torrenti che le fanno corona.

Con ciò siamo lieti di convenire nel parere della Commissione municipale, che fermò la sua attenzione sulle concessioni della Valle di Susa, benchè le considerazioni che andremo svolgendo sulla sua proposta non ci consentano di adottarne le conclusioni.

Considerato che l'impianto di Chiomonte è previsto dalla Commissione senza riserva tecnica, ci siamo preoccupati di determinare

Digitized by Google

con qualche esattezza a quale limite possa discendere la sua potenzialità durante le magre invernali di gennaio e febbraio, e abbiamo potuto persuaderci che esistono elementi per affermare che in tali due mesi la portata della Dora Riparia può ridursi alla presa di Salbertrand a soli 3500 litri.

Portando nei computi della Commissione, che valuta a 544 lire il costo d'impianto del cavallo al quadro di distribuzione della centrale di Torino, le correzioni che a noi paiono eque, sia per questa riduzione di portata, sia per la quota di imprevisti che la pratica suggerisce di adottare in questi progetti, l'indispensabile aumento sul valore della linea di trasmissione e relative indennità di passaggio che abbiamo con tutta cura controllato, nonchè la spesa per la linea telefonica, siamo giunti ad un costo per lo stesso cavallo effettivo alla centrale di Torino di lire 765, con un capitale speso di lire 6,390,000.

Ammettendo la proposta della Commissione per la rete di distribuzione, aumentata solamente della quota di imprevisti in ragione del 10 per cento, si ottiene una spesa totale di lire 9,910,000 che equivale a lire 1480 per ognuno di quei 6700 cavalli che verrebbero effettivamente distribuiti a basso potenziale presso gli utenti.

Il preventivo di spesa d'esercizio viene necessariamente ad essere modificato per l'aumento preso dal capitale e, a nostro giudizio, ancora per alcune quote di manutenzione, personale ed imprevisti che abbiamo stimato troppo esigue nel calcolo della Commissione, e dietro la nostra analisi risulta di lire 1,318,000, mantenendo le spese di personale e manutenzione entro i limiti delle aziende private nell'ipotesi che il Municipio possa affidare ad appalto tale servizio.

Avremo quindi un costo annuo per cavallo dato sulla rete di distribuzione in città di lire 197, sempre riferito alla magra invernale.

Ripetuto il calcolo per l'impianto di Susa, di cui il Municipio ha testè acquistata la concessione, nella convinzione appoggiata a diligenti ricerche che le magre discendano a 4000 litri, e tenuto conto che il trasporto si faccia pure con due linee, questa energia costerebbe sulla rete di distribuzione presso gli utenti circa lire 250 per cavallo effettivo.

Se si pon mente alle varie cause d'interruzione che un impianto idraulico con tubazione forzata in regioni alpine deve necessariamente presentare, noi siamo d'opinione che non convenga in alcun

Digitized by Google

modo intraprendere questa fornitura d'energia senza la scorta di un impianto termico presso la stazione ricevitrice.

Oltre alla sicurezza dell'esercizio, questo impianto termico presenta il doppio vantaggio di permettere l'utilizzazione di una portata media superiore a quella di magra finora considerata, e di evitare la costosissima costruzione di una seconda linea di trasmissione. Talchè, applicando le cifre delle offerte relative, si arriva alla deduzione che il costo del cavallo effettivo distribuito all'utente, supposto tutto venduto il disponibile delle portate medie, aumenta di pochissimo sui prezzi esposti.

E così noi possiamo prendere per base dei nostri ragionamenti i prezzi di puro costo di L. 208 e 260 per cavallo effettivo all'utente prodotto coll'impianto idraulico a riserva termica senza alcun altro aggravio di prese, collaudi od altro.

E diciamo per base dei ragionamenti perchè, quantunque preoccupati di rimanere in un equo apprezzamento, ammettiamo che i coefficienti di rendimento e di imprevisti, e la varietà delle offerte possano spiegare delle variazioni anche sensibili su queste cifre.

Noi non possiamo pretendere di fare un paragone immediato fra questi prezzi e l'arruffata matassa di tariffe che sono in uso a Torino per tener conto delle varietà di orario, di genere d'industria, della potenza delle macchine e di molte altre condizioni speciali che creano una scala vastissima di prezzi diversi.

In massima l'energia venduta *à forfait* oscilla dal minimo di 200 fino verso le 375 lire per cavallo, e ciò dimostra che l'impianto di Chiomonte non sarebbe suscettibile di sostituirla con sensibile vantaggio se non nei casi della piccola e media industria con impegni *à forfait,* od a contatore con garanzia di un minimo.

Partendo dal prezzo calcolato di L. 208 per cavallo, se tutta l'energia proveniente da Chiomonte fosse distribuita sotto forma di luce *à forfait* dovrebbe, per coprire le spese di esercizio, raggiungere il prezzo di circa L. 14 per lampada da 16 candele, applicando un fattore di carico di 8 decimi quale rapporto fra le lampade installate e quelle accese contemporaneamente.

Qui giova osservare che quando si parla di prezzo di costo nei rapporti dell'esercizio municipale si deve già comprendere una perdita per la mancata esazione della tassa comunale sulla luce elettrica e per l'eventuale diminuzione di quella sulla produzione del gas e del cok.

Ora viene naturale la domanda: quando un impianto di tal genere avrà esaurita la sua disponibilità?

Digitized by Google

Visto che non può sostituirsi nella grande industria alle macchine termiche, salvo casi speciali, visto che il Municipio è ancora legato da contratti a lunga scadenza per l'illuminazione pubblica, visto che l'incremento dell'industria e della trazione non può a meno che essere graduale, considerati gl'impegni degli utenti con gli attuali fornitori e che la maggior parte dell'illuminazione privata non può avere convenienza ad accettare contratti *à forfait,* è impossibile illuderci che la disponibilità di un simile impianto possa esaurirsi in pochi anni.

Perciò le condizioni di esercizio verranno radicalmente modificate: il cumulo degli interessi e passività diverse relative ai primi esercizi influirà gravemente sul costo definitivo dell'energia.

Se si prova ad istituire i calcoli nella ben rosea supposizione che l'impianto si sviluppi gradualmente in modo d'arrivare in un quinquennio a completo esaurimento, le passività dei primi quattro anni ammonteranno a circa 2,500,000, con un aggravio di oltre il dodici per cento sulle cifre esposte come prezzi dell'energia *à forfait;* e se per giungere al completo sviluppo decorressero dieci anni questo aumento percentuale sarebbe del 35 per cento.

È nostro parere che bastino queste considerazioni per escludere la convenienza da parte del Municipio di assumere in questo momento una simile impresa, perchè, pure essendo vero che l'energia potrà trasmettersi a Torino a prezzi sensibilmente inferiori a quelli ora praticati per la piccola e per la media industria e per l'illuminazione *à forfait* o per la tariffa intera a contatore, è altrettanto vero che la nuova azienda non troverebbe campo sufficiente ad esplicare subito utilmente tutta la sua attività e potrebbe costituire un onere gravissimo per le finanze comunali.

3° Quesito.

« Quali siano i mezzi più idonei per esplicare un intervento municipale affinchè l'Amministrazione comunale non ne risenta danno, e la popolazione ne ritragga efficace vantaggio, tenuto conto delle deliberazioni prese dall'onorevole Consiglio comunale e delle proposte che gli stanno davanti ».

Noi non abbiamo nè incarico, nè veste per giudicare se la fornitura dell'energia elettrica possa costituire con vantaggio, a preferenza di altre forniture, materia di municipalizzazione. Oramai sembra che l'autorità del Consiglio comunale abbia solennemente risolto in senso affermativo la discussa questione, ed a noi non rimane che applicare la nostra attività allo studio di quelle proposte

Digitized by Google

che, utilizzando l'iniziativa dei nostri amministratori comunali, ne dirigano gli sforzi al maggior benessere generale.

Come ci sorregge la convinzione che i nostri computi, fondati in gran parte sull'esame coscienzioso di consuntivi, rappresentino con molta approssimazione il vero stato delle cose, e come non ci pare oppugnabile che un grande impianto non troverebbe sfogo immediato, così dobbiamo a malincuore, ma fermamente respingere la pericolosa illusione che i prezzi annunziati dalla Commissione municipale abbiano dei nostri tempi a diventare realtà; perchè, pure lasciando, come di dovere, all'Amministrazione comunale di valutare nel concetto economico le conseguenze di una così importante innovazione, non oseremmo credere che essa intenda sopperire col proprio bilancio alle passività della nuova azienda.

Amiamo ritenere che la via seguìta dal Consiglio comunale indichi la commendevole preoccupazione di evitare la formazione di un monopolio che potrebbe essere facilmente causa di aumenti di prezzi, sia sotto l'aspetto di compensi per prese od altri oneri, o sia sotto quello di un'applicazione più rigida delle tariffe concesse.

E ci conforta il pensiero che questo sia tema utile per l'iniziativa comunale e suscettibile di pratica attuazione senza sacrifizio per le finanze municipali e coi doverosi riguardi verso i legittimi interessi dei concessionari attuali.

La scelta di questo moderno sistema di intervento municipale per la moderazione dei prezzi di un fattore che direttamente ed indirettamente ha tanta importanza nello sviluppo del benessere cittadino, è certo suggerita dall'esito negativo che il sistema della concorrenza provocata fra due o più concessionari ha avuto in parecchi casi in cui fu adottato fin qui per altri servizi pubblici.

Certamente, se un impianto idroelettrico si prestasse ad una esecuzione graduale in modo da accompagnare con qualche approssimazione il successivo aumento delle richieste cittadine, le nostre conclusioni sarebbero sensibilmente diverse.

Sotto questo aspetto la città di Torino si trova in condizioni veramente eccezionali, perchè tutti conoscono l'esistenza dell'impianto della Cenischia, che è nelle specialissime condizioni di un frazionamento della sua totale potenzialità.

Conoscendo che trattative furono iniziate e forse saranno ancora in corso, la nostra delicatezza c'impone di non intervenire troppo esplicitamente in una discussione che riguarderà certo tutti i lati di convenienza tecnica e finanziaria della combinazione.

Qualunque sia la decisione a cui il Municipio possa addivenire, non cessa d'avere motivo la nostra deduzione che un impianto ter-

Digitized by Google

mico s'imponga per garantire l'esercizio di qualunque impianto idroelettrico in una città come Torino; perchè, in ogni migliore ipotesi, l'impianto della Cenischia non farebbe che sostituire quel qualunque altro impianto idraulico che in progresso di tempo il Municipio trovasse conveniente di esercire.

Risulta così per noi evidente la strada da consigliarsi per procedere in questa risoluzione con la dovuta energia e ponderatezza.

Installando un impianto termico di non grande potenzialità, per esempio, di 1500 cavalli, per distribuzione a potenziali che si accordino con quelli in uso per la forza motrice, e così bassi per la luce da permettere la divulgazione delle minime unità possibili nell'illuminazione; così disposto che il suo ingrandimento sia facile e comodo, riteniamo che il Municipio provvederebbe in modo esauriente allo scopo che si prefigge, quello, cioè, d'impedire qualunque aumento di prezzo, di provocare probabilmente una riduzione nelle tariffe attuali e di essere pronto in ogni momento a servire e favorire l'incremento industriale cittadino.

Accenniamo ad alcuni dei vantaggi che a noi paiono evidenti coll'adozione di questo suggerimento.

Si evita d'immobilizzare un ingente capitale (nel caso contemplato di Chiomonte oltre 6 milioni e mezzo) in un'impresa di cui non è certamente facile prevedere l'esito.

Le grosse unità di macchine termiche, tanto a gas quanto a vapore, hanno raggiunto in questi ultimi anni perfezionamenti tali da permettere loro di concorrere brillantemente nella creazione dell'energia da distribuirsi in piccole unità a molti utenti; la non eccessiva grandezza della stazione proposta dà facile mezzo di seguire, coi successivi ingrandimenti, i miglioramenti tecnici ed economici che indubbiamente andranno ancora portandosi a questo macchinario.

Il modesto impianto permette un esperimento prezioso in materia così difficile e combattuta, cosicchè l'Amministrazione comunale potrà presentarsi nel prossimo avvenire bene armata di dati positivi davanti ai maggiori problemi che le toccasse di risolvere; mentre le disposizioni contenute nella legge sulla municipalizzazione mettono, a nostro avviso, un argine salutare a qualunque accaparramento delle forze idrauliche a danno del Municipio.

E le stesse modeste proporzioni dell'impianto suggerito lasciano tranquillo l'amministratore contro l'eventualità di un esito negativo dell'esperimento, perchè le unità di macchinario così adottate troverebbero certamente facile esito nell'industria privata quando l'esperienza od i progressi tecnici dimostrassero che l'impianto municipale non ha più ragione di esistere.

Digitized by Google

Non abbiamo dubbio alcuno sull'efficacia di questo impianto rispetto allo scopo essenziale, che riteniamo debba essere quello di fare da moderatore delle pretese di concessionari privati, non solo perchè il Municipio si disporrebbe a distribuire la sua energia a prezzi di costo, ma anche perchè questa distribuzione fatta col sistema a contatore, che è quasi universalmente adottato dai piccoli utenti, offre la migliore utilizzazione dell'esercizio termico in confronto di quello idraulico, perchè il primo può seguire con una discreta approssimazione le oscillazioni del diagramma giornaliero di consumo.

La rapidità colla quale questa proposta potrebbe avere esecuzione costituisce, a nostro parere, uno dei più grandi coefficienti in suo favore, perchè non c'illudiamo che i progressi scientifici e tecnici in questo ramo dell'attività umana abbiano da scemare attendibilità ai calcoli fin qui istituiti nel solo lasso di tempo che sarebbe inevitabilmente necessario per lo studio definitivo e la costruzione di un grosso trasporto idroelettrico.

Confessiamo francamente che il concetto di ritardare o di evitare al Municipio l'alea di una costruzione di questo genere ha pesato sulla nostra convinzione; non per un'affermazione accademica sulla poca attitudine nell'Amministrazione comunale ad assumere il grave incarico, ma sì bene per il profondo esame di molti consuntivi che stanno a dimostrare come anche le più oculate ed intelligenti Amministrazioni private non abbiano potuto evitare in queste imprese amare delusioni ed ingenti imprevisti.

Ecco dunque esposto in succinto il frutto delle nostre investigazioni ed ecco come la vostra Commissione ritiene di poterle riassumere:

CONCLUSIONI.

1.

La città di Torino presenta un incremento nella sua potenzialità industriale e nel benessere generale che permette di prevedere nel prossimo avvenire una maggiore richiesta di energia elettrica.

2.

È possibile fornire quest'energia in Torino a prezzi sensibilmente inferiori ai *massimi* ora praticati per le *piccole* e *medie* unità con un impianto bene eseguito e bene amministrato.

3.

Il mezzo più idoneo per ottenere questo scopo senza troppo gravi rischi per le finanze comunali, consisterebbe nell'esecuzione di un

Digitized by Google

impianto termico municipale di limitata potenza, progettato col concetto di favorire la massima suddivisione dell'energia e della luce, in modo che il suo aumento possa accompagnare gradualmente l'incremento della richiesta e costituire una valida riserva ad un impianto idroelettrico di cui in progresso di tempo si potesse disporre a condizioni vantaggiose.

4.

Non è conveniente sotto nessun aspetto impegnare fin d'ora il Municipio nella costruzione di un grande impianto idroelettrico che non trovando facile collocamento di tutta la sua potenzialità rappresenterebbe un ingente sacrifizio per le finanze comunali.

***

La molteplicità dei punti di vista da cui può essere considerata la questione che abbiamo avuto incarico di esaminare, gl'interessi legittimi ed importanti che l'eventuale nuovo impianto verrebbe forse a ledere o spostare, fanno sì che noi non possiamo nutrire alcuna illusione di vedere accolte queste nostre conclusioni da generale assentimento.

Gli appunti che i nostri studi ci hanno indotti a fare ad altre proposte non infirmano affatto la serenità e la simpatia colla quale noi abbiamo considerato la geniale iniziativa ed il generoso proposito che ha inspirato l'Amministrazione comunale in queste ricerche.

In tempi di febbrile attività e di accanita lotta nel campo industriale come quelli che noi attraversiamo, ci è parso meno esiziale per la vita economica di una grande città un passo arrischiato sulla via delle moderne riforme sociali che non l'assoluta immobilità di cui la nostra regione ebbe un doloroso saggio nel periodo delle costruzioni ferroviarie.

È in noi profonda la convinzione che anche non condividendo le opinioni che siamo venuti esponendo, non si possa negare l'assoluta obbiettività che ci fu guida costante nelle laboriose indagini, e ci permetteremo l'augurio che il nostro modesto lavoro possa contribuire alla scelta della via migliore per giungere alla meta comune: il vantaggio della nostra città.

La Commissione:

Ing. VINCENZO SOLDATI, *presidente.*
» ALFREDO DIATTO.
» ENRICO SEGRE.
» OTTAVIO TROSSARELLI.
» EMILIO SILVANO, *relatore.*

Digitized by Google

N. 5.

ELOGIO DI FEDERICO PESCETTO

(letto nell'assemblea della Sezione di Genova dell'A. E. I. il 22 gennaio 1904)

.... E la morte, livellatrice eterna, passò anche in quest'anno, col suo gelido soffio, tra le nostre file.

Il consocio, colonnello Federico Pescetto, si spegneva il giorno 12 novembre u. s.; la sua fibra ancora robusta, l'amore del vivere per la famiglia che lo idolatrava, il desiderio intenso suo di lavorare, non valsero ad arrestare l'opera fatale della parca implacabile che non curante passa e con la sua scure ciecamente colpisce.

Io ben so che il rievocare in mezzo a voi l'immagine sua, da cui traspariva insieme mitezza ed energia, la memoria di lui che, lavoratore indefesso, non ebbe mai da rimpiangere un'ora perduta per la sua operosità, basterebbe al cómpito mio di stasera; era da ciascuno di noi ben conosciuto e dall'universale così stimato, perchè possa parere qualunque cenno della sua vita ripetizione inutile.

Ma il parlare di chi lasciò largo desiderio di sè, traccia non fuggevole del suo lavoro, e che come F. Pescetto seppe dal comando, dalla cattedra, dalla officina trasfondere nei dipendenti, nei discepoli, nei collaboratori gli stessi suoi entusiasmi per il dovere, per lo studio, per l'operosità febbrile; io credo sia insieme edificazione ed ammaestramento.

Federico Pescetto, degno figlio della forte e laboriosa Liguria, nacque a Pegli nel 1847, e dopo aver percorsi brillantemente gli studi secondari a Genova, ottenne di entrare con posto di merito nell'Accademia militare di Torino. Compiuti gli studi, e classificato il primo alla Scuola d'applicazione, percorre tutti i gradi della carriera militare fino ai più elevati, sempre segnalandosi, oltre che per perspicacia d'ingegno, per attività, meritandosi elogi e la piena fiducia dei superiori, che di lui si valsero per speciali e delicati incarichi.

Nel 1875 è professore al Collegio militare di Firenze e scrive un trattato di Algebra; nel 1878, destinato alla Direzione del Genio a Torino, viene incaricato di dirigere i lavori di fortificazione del Moncenisio. Compiuto con piena soddisfazione quest'incarico, nel 1882 venne chiamato temporaneamente a Roma presso il Comitato d'Artiglieria e Genio come traduttore di riviste militari (russe, tedesche

Digitized by Google

ed inglesi), ma dopo la felice prova fatta a Torino viene destinato alla direzione dei lavori di tutti i forti di sbarramento a Genova.

Nonostante però il gravoso lavoro che gli veniva dall'ufficio, non curante di comodi e spesso della salute, amante com'era del sapere, osservava e studiava, studiava sempre raccogliendo lodi per geniali pubblicazioni e congegni nuovi di pubblica utilità, tuttora adottati nel campo della ingegneria sanitaria.

La « Rivista tecnica d'artiglieria e genio » dal 1878 al 1900 fu specialmente la sua palestra e vi scrisse di diversi e svariati argomenti scientifici, in gran parte d'applicazione militare, sempre addimostrando con la profondità delle osservazioni larga coltura e competenza indiscussa.

E le sue memorie e le sue relazioni in gran parte si riferiscono alle applicazioni elettriche, siccome argomento a lui prediletto.

Delineatasi l'elettrotecnica quale ramo a sè dell'elettrologia, egli ne diventa uno dei più ferventi apostoli, e tanto si adopra da ottenere, nel 1887, l'autorizzazione del Ministero per recarsi a Liegi alla Scuola Montefiore-Levy, affine di completare i suoi studi.

A Liegi, altamente stimato dal prof. Eric Gerard, coadiuva lo stesso professore in alcune ricerche e realizza da allievo, con il professore Zunini, uno speciale e pratico apparecchio per la misura del campo magnetico. Ed alla fine del corso riporta, oltre il primo premio di laboratorio, la laurea d'onore ed il premio finale con il massimo dei punti che fino allora nessuno aveva mai ottenuti.

Ritornato in patria, e dopo d'avere diretto le opere di fortificazione della Maddalena e Caprera, riscuotendo meritati elogi dallo stesso ammiraglio S. Bon, in allora ministro della marina, viene chiamato alla Scuola d'applicazione per il Genio e l'Artiglieria a Torino, quale insegnante d'applicazioni scientifiche. Raggiunto così il più grande dei suoi desiderî, quello cioè d'essere vicino a Galileo Ferraris, del quale era grande ammiratore, frequenta da dilettante le lezioni d'elettrotecnica che questi dettava al Museo industriale e diventa del grande maestro uno dei più devoti amici. Ed intanto detta alla Scuola d'applicazione la prima volta un brillante corso di elettrotecnica, le cui sinossi, pubblicate nel 1894, sono ancora attualmente in uso.

Lasciò l'insegnamento per assumere col grado di tenente-colonnello il comando della brigata ferrovieri; ma nonostante le gravi cure che prima gli venivano dalla scuola ove era, oltrechè insegnante, pure direttore degli studi, poi del comando, e sempre dai diversi incarichi che per la sua perizia universalmente riconosciuta

Digitized by Google

in elettrotecnica gli venivano da amministrazioni e da privati; trova tempo per spingere innanzi le ricerche iniziate fino dal 1886 sugli accumulatori. Perseguendo l'idea di fare degli accumulatori a piombo leggeri, specialmente per applicarli alla trazione, costruisce quello special tipo che al concorso internazionale d'accumulatori, indetto dall'Automobil-Club di Francia nel 1898, riuscì tra gli otto, sui diciotto presentati, che soddisfecero alle prove cui furono assoggettati, in dipendeuza delle prescrizioni del concorso.

Nel 1899, promosso colonnello, ottiene dal Ministero della guerra di passare alla posizione ausiliaria, ed incaricato dalla Ditta Ansaldo dà vita allo Stabilimento elettrotecnico di Cornigliano, devolvendo a questa sua creatura, come egli soleva dire, tutta intera la sua attività, nell'intento specialmente di emancipare l'Italia dal gravoso tributo pagato all'estero per il materiale elettrico specialmente dei piroscafi, e contribuire a sviluppare questa nuova industria in Liguria, dove rapidamente in questi ultimi anni si moltiplicarono le applicazioni elettriche.

E qui, dove avrebbe potuto cogliere ora il frutto del proprio lavoro, rapidamente si spense, accanto alla sua officina, salutato all'ultima ora dallo stridere delle macchine, che davano forma agli apparecchi da lui pochi giorni prima appassionatamente studiati.

Dissi che la sua perizia lo indicarono per speciali incarichi; ricordando qualcuno dei più importanti, noi lo troviamo con Galileo Ferraris nella Commissione internazionale che aggiudicò il premio d'elettrotecnica all'Esposizione di Torino del 1884; poi presidente della Commissione ordinatrice per la Sezione elettrica della Esposizione pure di Torino del 1898; ed ultimamente membro della Commissione per l'aggiudicazione del premio Galileo Ferraris. Il municipio di Torino lo volle membro della Giunta direttiva del R. Museo industriale, conservandolo a questo posto anche dopo che ebbe preso stanza in Liguria, ed il municipio di Genova lo chiamò prima a far parte della Commissione per la scelta del progetto per l'impianto elettrico della città, poi con Ferraris nella Commissione consultiva durante l'impianto, ed infine a presiedere la Commissione di collaudo. Lo annoverò pure tra i componenti la Commissione di vigilanza per la Scuola d'arti e mestieri.

Della nostra Associazione fu poi uno dei soci più benemeriti fin dalla fondazione, occupò il posto di vice-presidente della Sede centrale, e, scaduto d'ufficio, voi lo avete voluto vice-presidente della nostra Sezione. Entusiasta dell'incremento degli studi e delle applicazioni elettriche, egli si augurava sempre che l'Associazione, mo-

Digitized by Google

dellandosi su altre congeneri e fiorentissime all'estero, e di alcune delle quali, fra cui la inglese, egli faceva parte, riuscisse a raccogliere tutte le forze vive che questo santo scopo potessero favorire.

Ed ora di Lui, di tutta la sua vita non ci rimane che il ricordo, che certo sarà duraturo, perchè di utile e verace ammaestramento.

Federico Pescetto, amante del proprio paese, gli aveva consacrato colla mente il braccio; amante del sapere e del lavoro si meritò grande stima oltrechè dei connazionali, di notabilità straniere; amante della famiglia lasciò in essa larga eredità d'affetti che il tempo non varrà mai a sopire.

.... Viva la sua memoria tra noi; ed a Lui, cui troppo presto si schiuse l'alba del giorno eterno, giunga il nostro saluto riverente, mesto.

R.

Digitized by Google

N. 6.

ONORANZE A GALILEO FERRARIS

L'Assemblea generale tenuta in Torino nell'ottobre 1902, dietro proposta del presidente prof. Guido Grassi, deliberava di collocare sulla base del monumento eretto in Torino a Galileo Ferraris, primo nostro presidente, un ricordo che attestasse la gratitudine della nostra Associazione verso l'illustre suo fondatore ed il suo rimpianto per l'immatura scomparsa di Lui.

Allo scultore Contratti di Torino, autore del monumento, fu affidata l'esecuzione di una targa artistica in bronzo con l'iscrizione: « L'Associazione elettrotecnica italiana al suo fondatore ». Per l'inaugurazione fu scelto, su proposta della Sezione di Torino, il giorno 7 febbraio, settimo anniversario della morte dell'eminente elettricista.

Alla cerimonia dalla Sede Centrale furono invitati tutti i soci dell'Associazione, e, invitati dalla Sezione di Torino, oltre alla famiglia Ferraris, intervennero l'assessore prof. Cappa, rappresentante del sindaco di Torino, il prof. E. D'Ovidio presidente della R. Accademia delle Scienze, il prof. Chironi rettore dell'Università, l'on. P. Boselli presidente del R. Museo Industriale.

Scoperta la targa alle ore 11, il presidente dell'Associazione prof. M. Ascoli pronunciò brevi parole riassumendo gli ideali che si era prefisso il Ferraris nel fondare l'associazione, ed incitando i colleghi ad informare ad essi la loro opera. Rispose l'assessore Cappa in nome della città di Torino ponendo in rilievo l'aspirazione costante dell'illustre cittadino di cooperare al pubblico bene, lasciando da parte i privati interessi.

La Sede Centrale sente il gradito dovere di rivolgere alla Sezione di Torino i più vivi ringraziamenti per la preparazione di questa riunione intima, la quale, specialmente mercè l'opera zelante del presidente ing. comm. V. Soldati e del segretario ing. E. Segre riuscì perfettamente ordinata in tutti i suoi particolari, assumendo quel carattere di semplicità e solennità che si conveniva alla circostanza.

Parole pronunciate dal presidente prof. M. Ascoli:

SIGNORI,

Noi ci troviamo ancora una volta riuniti nel nome venerato di Galileo Ferraris, intorno a questo monumento attestante l'ammira-

Digitized by Google

zione e l'affezione imperitura degli Italiani pel grande cittadino, per lo scienziato eminente, che dischiuse all'elettrotecnica sì vasti e mirabili campi di progresso e di sviluppo. Ed una commozione profonda ci invade nel rievocare la memoria del Maestro in questo giorno anniversario della sua morte; commozione profonda che mi rende esitante nel parlare dinnanzi a voi che a lui in questo momento rivolgete il pensiero.

Io non intendo qui di ricordare (ciò che già fu fatto degnamente) le virtù insigni dell'uomo e del cittadino, e le benemerenze sue verso la scienza; nè di riassumere l'opera sua mirabile nel tempo stesso per l'ampiezza e per l'unità: le traccie luminose che Egli ha lasciato ci appariscono di continuo nei nostri studi, nel nostro lavoro quotidiano e valgono più di ogni commemorazione a tenere costantemente viva innanzi al nostro spirito la sua figura, nel posto che veramente le spetta.

Ognuno sente la mancanza di Lui nel momento attuale, quando si vanno man mano allargando gli orizzonti, quando si vanno aprendo alla indagine scientifica nuovi campi sconfinati, che il suo genio avrebbe fecondati con nuovi contributi di sapere e di lavoro. Ma oggi, qui convenuti ad intima riunione per portare un tributo di riconoscenza al fondatore della nostra Associazione, rimasta per sì breve tempo sotto la sua direzione suprema, oggi noi sentiamo più che mai profondamente tutta l'amarezza della sventura che, nel cammino verso la mèta da lui agognata, ci tolse la guida sicura del suo consiglio sereno ed illuminato.

Questa mèta che Egli si era prefissa, per quanto lontana, io la veggo disegnarsi nitidamente sullo sfondo incerto dell'avvenire, se rievoco l'intera vita di lui integra e feconda:

Tenere sempre come aspirazione suprema la ricerca pura del Vero, donde l'applicazione pratica scaturisce tanto più benefica quanto più inattesa;

Mantenere costantemente il contatto tra la scienza e la pratica, donde si sprigiona la scintilla che illumina la via alla tecnica moderna; contatto che non turba la serenità dell'uomo di scienza ed innalza lo spirito dell'uomo di azione;

Seguire, senza gelosie e senza invidie, la produzione mirabile di tutto il mondo e diffonderne, divulgarne largamente tra noi e fuori di noi la benefica conoscenza;

Stringere fraterni legami tra tutti coloro che hanno comuni tendenze in ogni parte d'Italia, abbandonando ogni gara regionale e professionale;

Digitized by Google

Promuovere, mediante la concordia dei propositi ed il disinteresse dell'opera, con ogni possa, con ogni mezzo, tutti i vantaggi intellettuali, morali, economici che si possono sperare dallo sviluppo della disciplina nostra.

Ed in ogni atto, in ogni pensiero, in ogni momento, mirare sempre in alto, aver fede nell'avvenire e nella formazione di un organismo solido e vigoroso che onori il nome italiano, che giovi alla patria, che acquisti forza ed autorità dalla nobiltà stessa delle sue aspirazioni. Ed amare la nostra istituzione, amarla di quell'affetto sereno e profondo che è l'anima di ogni opera collettiva, il faro luminoso nelle tempeste inevitabili del vivere quotidiano.

Non altrimenti Egli avrebbe potuto concepire lo scopo e l'avvenire del nascente sodalizio; non altrimenti lo dobbiamo concepire noi, se vogliamo annoverarne la fondazione tra le fulgide benemerenze di Galileo Ferraris.

Nello sconforto in cui Egli ci ha abbandonati, ispirati ai suoi insegnamenti, non dobbiamo disperare di avvicinarci senza esitazione alla mèta lontana. Perciò la modesta cerimonia che oggi stiamo compiendo va considerata come avvenimento di alta importanza nella vita della nostra Associazione. Oggi noi leghiamo indissolubilmente, dinnanzi al paese, il nome nostro con quello di Galileo Ferraris; nessuna affermazione potrebbe essere più solenne di questa, ed ampia lode ne va data a chi ne ebbe l'idea. Ma non dimentichiamo che noi ora veniamo a prendere un impegno solenne di onore: quello di adoperarci con tutte le energie, con tutte le facoltà nostre per rendere degno il sodalizio del nome col quale oggi lo associamo; impegno solenne che deve diventare la nostra guida costante, che deve rimanerci impresso nella mente in ogni atto, in ogni opera nostra. Poichè, se le gare e le ambizioni personali, se i meschini interessi venissero a turbare la serenità del nostro lavoro, il nome che qui noi scriviamo, anzichè riconoscenza, suonerebbe profanazione.

La nobile città di Torino, gelosa custode di questo monumento, ben a ragione si gloria del suo cittadino di elezione; Essa custodirà anche il ricordo che qui le lasciamo; ma avrà il diritto di aspettare da noi il mantenimento della promessa solenne, che è il significato della odierna riunione.

Digitized by Google

Vol. VIII. MARZO-APRILE 1904 Fasc. 2°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - 397, Corso Umberto I - ROMA

INDICE

COMUNICAZIONI.

N. 7. **Il metodo simbolico nello studio delle correnti variabili** — Ing. G. GIORGI. (Roma). (*Con 31 figure*) . . . . . *Pag.* 65
» **8.** **Il ricupero di energia nella trazione elettrica** — Ing. U. MACCAFERRI. (Bologna). 142
» **9.** **Sopra la riluttanza esterna di un magnete rettilineo** — Ing. G. ANFOSSI. (Genova). (*Con 6 figure e 3 tavole*). 152
» **10.** **Alcune esperienze sulle pile campione** — Dott. O. SCARPA. (Firenze). 165
» **11.** **Sulla distribuzione del campo magnetico nel traferro delle elettrocalamite Weiss** — Dott. O. SCARPA. (Firenze). (*Con 1 figura*) 169

CONFERENZE.

N. 12. **La trazione ferroviaria elettrica sulle linee Valtellinesi** — Prof. C. MONTÙ. (Napoli) . . . . . *Pag.* 171
» **13.** **Sulle differenti forme di radioattività e le proprietà fisiche del radio** — Prof. L. LOMBARDI. (Napoli) 174
» **14.** **Sulle proprietà chimiche del radio** — Prof. O. REBUFFAT (Napoli). 177

NOTIZIE DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA.

SEDE CENTRALE. — **Escursione in America** . . . . . *Pag.* 13
SEZIONI. — **Verbali delle Sedute tenute nelle varie Sezioni - Aggiunta all'elenco soci** 15

AVVERTENZA. *I Soci che non avessero ricevuto il fascicolo precedente sono pregati di farne richiesta entro 15 giorni, in caso diverso non potranno ottenerlo che pagandone l'importo di L. 2.*

PROPRIETÀ LETTERARIA

ROMA
TIPOGRAFIA DELL'UNIONE COOPERATIVA EDITRICE
Via Federico Cesi, 45, Via E. Q. Visconti
1904

Digitized by Google

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - Corso Umberto I, 397 - ROMA

CONSIGLIO GENERALE.

Presidente: Prof. dott. Moisè Ascoli.

Vicepresidenti: Prof. ing. Luigi Lombardi - Prof. dott. Guido Grassi - Prof. ing. Luigi Zunini.

Segretario Generale: Ing. Riccardo Salvadori.

Cassiere: Ing. comm. Oreste Lattes.

Consiglieri rappresentanti le Sezioni di: **Bologna:** Ing. Enrico Cairo - Ing. Alfredo Donati; **Firenze:** Ing. Ernesto Corsini - Ing. Attilio Rampoldi; **Genova:** Ing. Giuseppe Cristoforis - Ing. Carlo Piaggio; **Milano:** Ing. Luigi Cauro - Ing. Domenico Civita - Ing. Emilio De Strens - Ing. Giuseppe Gadda - Ing. Alessandro Panzarasa - Ing. Alessandro Scotti; **Napoli:** Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero) - Ing. Guido Sarti; **Padova:** Prof. Ferdinando Lori - Ing. Gastone Treves de' Bonfili; **Palermo:** Prof. Damiano Macaluso; **Roma:** Ing. Emilio Costa - Ing. Federico Gentili - Dott. Riccardo Manzetti - Ing. Giuseppe Revessi; **Torino:** Ing. Emilio De Benedetti - Ing. cap. nob. Carlo De Sauteiron de St. Clément - Ing. Emilio Oliva - Ing. Raffaele Pinna.

CONSIGLI DELLE SEZIONI.

Bologna, Via Galliera, 14 - *Presidente:* Prof. Luigi Donati; *Vicepresidente:* Ing. Pietro Lanino; *Segretario:* Ing. Alberto Fabbri; *Cassiere:* Ing. Barnaba Lanino; *Consiglieri:* Prof. Silvio Canevazzi - Ing. Alberto Fabbri - Ing. Salvatore Mariani - Ing. Rinaldo Rinaldi - Ing. Angelo Silva.

Firenze, Via dei Benci, 10 - *Presidente:* Prof. Luigi Pasqualini; *Vicepresidente:* Ing. Giorgio Santarelli; *Segretario:* Ing. Alberto Picchi; *Cassiere:* Ing. Attilio Rampoldi; *Consiglieri:* Prof. Eugenio Bazzi - Ing. Pietro Molfino - Ing. Domenico Spallicci - Prof. Guido Vimercati.

Genova, Via David Chiossone, 7 - *Presidente:* Prof. ing. Sereno Antonio Rumi; *Vicepresidente:* March. ing. Giacomo Reggio; *Segretario:* Ing. Giovanni Anfossi; *Cassiere:* Cav. Saverio Audisio; *Consiglieri:* Ing. Carlo Appelius - Ing. cav. Gustavo Dosmann - Ing. Salvatore Galliano - Ing. Domenico Sertorio.

Milano, Via San Paolo 10 - *Presidente:* Ing. Angelo Bertini; *Vicepresidente:* Ing. Giacinto Motta; *Segretario:* Ing. Guido Semenza; *Cassiere:* Ing. Angelo Bianchi; *Consiglieri:* Prof. Ugo Ancona - Ing. Vittorio Arcioni - Ing. Ernesto Cirla - Prof. Francesco Grassi - Ing. Emanuele Jona - Ing. Luigi Magrini.

Napoli, R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri - *Presidente:* Prof. ing. Luigi Lombardi; *Vicepresidente:* Comm. prof. F. C. Paolo Boubée. *Segretario:* Ing. Luigi De Biase; *Cassiere:* Ing. Ernesto Sannia; *Consiglieri:* Cav. ing. Mario Bonghi - Comm. prof. Gaetano Bruno - Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Giorgio De Cristoforo - Ing. Guido Fano - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero).

Padova, R. Scuola Applicazione Ingegneri - *Presidente:* Prof. Ferdinando Lori; *Vicepresidente:* Conte ing. Amedeo Corinaldi; *Segretario:* Ing. Lorenzo Bigaglia; *Cassiere:* Prof. Giacinto Turazza; *Consiglieri:* Ing. Augusto Biagini - Ing. Emanuele Montagnini - Ing. Alessandro Moschini - Prof. Giuseppe Veronese.

Palermo, Via Macqueda, 175 - *Presidente:* Cav. prof. Stefano Pagliani; *Vicepresidente:* Cav. ing. Giuseppe Ottone; *Segretario:* Ing. Gaetano Buttafarri; *Cassiere:* Ing. Francesco Agnello *Consiglieri:* Cav. ing. Guglielmo Di Simone - Prof. Orso Mario Corbino.

Roma, Corso Umberto I, 397 - *Presidente:* Ing. Giovanni Giorgi; *Vicepresidente:* Prof. Quirino Majorana Calatabiano; *Segretario:* Ing. Filippo Fiorentini; *Cassiere:* Comm. ing. Oreste Lattes; *Consiglieri:* Ing. Ulisse Del Buono - Comm. Giovanni Dell'Oro - Dott. Giovanni Di Pirro - Comm. prof. Guglielmo Mengarini - Ing. cap. Carlo Vita-Finzi.

Torino, Galleria Nazionale - *Presidente:* Comm. ing. Vincenzo Soldati; *Vicepresidente:* Ing. Ettore Thovez; *Segretario:* Cav. ing. Enrico Sègre; *Cassiere:* Ing. Andrea Luino; *Consiglieri:* Comm. Federico Dumontel - Ing. Guido Fornaca - Prof. dott. Arturo Miolati - Ing. Paolo Prat - Ing. Emilio Silvano - Ing. Pietro Verole.

Digitized by Google

ERRATA CORRIGE.

Fascicolo 2° - Volume VIII.

A pagina 155, nella tabella della comunicazione dell'Ing. Anfossi, in luogo di $\frac{a}{x}$ dovrà leggersi $\frac{x}{a}$

Notizie dell'A. E. I.

A pagina 28, in fine del verbale 11 marzo 1904, della Sezione di Torino, è stato omesso:

"Segre presenta il bilancio preventivo che viene approvato.„

RETTIFICA.

Nell' "Elogio„ del compianto colonnello F. Pescetto che lessi nella riunione della Sezione di Genova il 22 gennaio u. s. e che fu pubblicato negli *Atti* (vol. VIII, fasc. 1°, pag. 59), io, fidando di una informazione fornitami, dissi che "le sinossi del corso d'elettrotecnica professato dal Pescetto alla Scuola di applicazione d'Artiglieria e Genio erano tuttora in uso in quella scuola.„ Oggi mi risulta che sono caduto in un errore, e che invece le accennate sinossi fin dal 1899 non furono colà più adoperate.

Con questa dichiarazione, il cui scopo è quello di far omaggio alla verità, io ritengo non sminuiscono i meriti del compianto amico, rimanendo a lui tutto il merito d'aver introdotto il suddetto insegnamento nella Scuola d'applicazione per l'Artiglieria e Genio.

Ing. S. Rumi.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vol. VIII. MARZO-APRILE 1904 Fasc. 2°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE — ROMA

COMUNICAZIONI E LETTURE

N. 7.

IL METODO SIMBOLICO
NELLO STUDIO DELLE CORRENTI VARIABILI

COMUNICAZIONE

dell' Ing. **GIOVANNI GIORGI** *all'Assemblea generale dell'A. E. I. in Napoli nella Seduta dell'11 ottobre 1903.*

PARTE PRIMA
CONSIDERAZIONI PRELIMINARI.

1. — Quando un circuito è composto di una resistenza r e di una induttanza l, in serie, la relazione fra voltaggio (1) e amperaggio può essere scritta sotto la forma

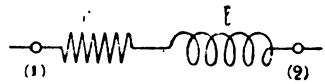


Fig. 1.

$$V = \left(r + l\frac{d}{dt}\right) I$$

In questa equazione il binomio simbolico $\left(r + l\frac{d}{dt}\right)$ figura nello stesso modo come la resistenza ordinaria r nella formola di Ohm. Possiamo prenderlo come un'espressione a sè per definire completamente le proprietà del circuito; rispetto a una corrente variabile *qualunque*, esso vale come la resistenza ohmica vale per le correnti continue. Anzi, la resistenza ohmica rientra come un caso particolare nella resistenza simbolica qui considerata, perchè quando I è costante, il secondo termine del binomio non influisce sul risultato.

(1) Uso la parola " voltaggio „ nel senso di " forza elettromotrice „ e la parola " amperaggio „ nel senso di " intensità di corrente, „ semplicemente, e senza sottintendere riferimento alcuno a determinate unità di misura.

Digitized by Google

Se un'espressione simbolica come questa si potesse introdurre nei calcoli al pari di una quantità ordinaria, saremmo indotti a considerarla quale una resistenza generalizzata, anzi come la resistenza più generale possibile del circuito; e ci serviremmo del nome di *resistenza funzionale* per tener presente il carattere simbolico di essa.

E se quanto si fa per un circuito semplice si potesse fare per un circuito comunque complicato; se in ogni caso fosse possibile esprimere sotto la forma simbolica di *resistenza funzionale,* ovvero di *conduttanza funzionale,* le proprietà di un circuito, far uso di queste espressioni nei calcoli e interpetrare i risultati, si otterrebbe un metodo che dovrebbe essere di grande semplicità e di straordinaria efficacia per lo studio di molte difficili questioni di elettrodinamica, perchè permetterebbe di ridurre, con regole uniformi, lo studio di tutti i problemi relativi a forze elettromotrici e correnti variabili nei circuiti e nello spazio, a quello dei corrispondenti problemi elementari relativi a forze elettromotrici e correnti costanti (1).

La discussione dei principî fondamentali a cui questo metodo potrebbe essere inspirato, forma oggetto della presente memoria.

*
* *

2. — Non sarà fuor di luogo ricordare che di espressioni e metodi simbolici, che consistono nell'introdurre come quantità di calcolo il simbolo $\frac{d}{dt}$, è già stato fatto uso, e con risultati rimarchevoli, da autori che hanno trattato i problemi della propagazione delle correnti variabili nei circuiti; basterà citare il Vol. II della *Electromagnetic Theory,* di HEAVISIDE, che contiene la più estesa trattazione di questi problemi; ricorderò anche alcune interessanti memorie del prof. GARBASSO sulla teoria dei circuiti derivati, pubblicate negli Atti di questa Associazione. Nondimeno in tutti questi scritti l'uso dei simboli si limita allo sviluppo di particolari applicazioni; in singoli casi troviamo bensì menzionato da Heaviside un « resistance operator » che equivarrebbe alla « resistenza funzionale » che abbiamo definito sopra; ma che questo concetto possa essere esteso a definire il comportamento elettrodinamico di un sistema qualunque, non ho visto finora accennato in alcuno scritto; nè la possibilità di fondare

(1) Il metodo degl'immaginari usato per lo studio delle correnti alternanti si ridurrebbe a un caso particolare di questo metodo simbolico per le correnti variabili. La ragione è che per una variabile alternante semplice armonica con frequenza ω l'operatore $\frac{d}{dt}$ può essere sostituito, nella rappresentazione vettoriale, col simbolo $i\omega$.

Digitized by Google

su questo principio un metodo generale di studio delle correnti variabili è stata ancora, che io sappia, discussa da alcuno.

3. — Per riconoscere le difficoltà del compito che ci proponiamo, vediamo di precisarne i termini: possiamo intraprendere lo studio dal punto di vista seguente:

È dato un *circuito,* e sotto questo nome non intendo necessariamente un circuito chiuso, bensì una qualunque combinazione di conduttori, di apparecchi, ecc., che metta capo a due poli o elettrodi, da cui entra ed esce la corrente. Fra questi poli è applicato un voltaggio V arbitrariamente variabile, cioè funzione arbitraria del tempo. L'intensità di corrente I, che va da (1) a (2) sarà anche essa una funzione del tempo; e quando è data la funzione V, anche la funzione I resta determinata, in virtù delle proprietà del circuito. Ma (a meno che il circuito non sia composto di sole resistenze ohmiche), accade in generale che il valore di I in un istante qualunque non dipende solamente dal valore che ha V nello stesso istante, ma può dipendere anche da tutti i valori assunti da V negl'istanti anteriori; perchè se qualche parte del circuito è capace d'immagazzinare energia, allora l'effetto di un'impulsione elettromotrice perdura anche dopo che la causa ha cessato di agire. Quindi I in generale non è funzione di V nel senso ordinario, ma bensì l'intera funzione I dipende dalla intera funzione V presa nel suo complesso. Possiamo dire che I *dipende funzionalmente* da V, ed esprimere questa dipendenza con la notazione

Fig. 2.

$$I = \Theta V$$

L'operatore Θ è un *operatore funzionale* relativo al tempo, cioè un simbolo di operazione che trasforma, con legge determinata, una funzione V del tempo in un'altra funzione I del tempo (1); esso esprime la proprietà fisica del circuito: lo indichiamo col nome di *conduttanza funzionale* del circuito stesso.

Notiamo, di passaggio, che conviene sempre considerare la questione sotto questa forma, e definire il comportamento di un circuito per mezzo della conduttanza, anzichè della resistenza funzionale, che sarebbe l'operatore inverso, considerato nel primo esempio qui addotto. Infatti, per la natura fisica delle cose è sempre la funzione V

(1) **Un esempio semplice di dipendenza funzionale si può ottenere considerando una relazione di questa forma:** $I = \int_{-\infty}^{t} V dt$, **la quale fa dipendere il valore di** I **in un istante da** *tutti* **i valori assunti da** V **negli istanti anteriori.**

Digitized by Google

che si presenta come arbitraria o indipendente, e non la I; per es., in presenza d'induttanze, la I non potrebbe avere un andamento discontinuo; e in altri casi invece, quando è data la funzione I, il problema di trovare la V ammette più di una soluzione. Al contrario il voltaggio applicato agli estremi può essere qualunque e avere un andamento qualunque (nei limiti possibili per le funzioni fisiche), senza che la I cessi di essere finita e determinata. Ogni incertezza si elimina quindi fermando la considerazione sull'operazione Θ, la quale, applicata a qualunque funzione fisica deve avere sempre un significato determinato, mentre l'operazione inversa può avere un campo di applicazione limitato.

4. — Ciò premesso, sappiamo che Θ è un operatore funzionale, il quale ha per campo di applicazione la totalità delle funzioni fisiche. Ci dimandiamo: Come si potrà esprimere questo operatore in generale? Esiste una forma matematica di espressione capace di rappresentare, come operatore funzionale, le proprietà di un sistema elettrodinamico qualunque?

In un caso elementare, abbiamo incontrato un operatore della forma

$$r + l\frac{d}{dt}$$

e questo è appunto un esempio di operatore funzionale, perchè contiene il simbolo d'operazione $\frac{d}{dt}$, ma evidentemente è uno degli esempi più semplici. Si presenta spontanea l'idea di generalizzare questa espressione. Se invece del simbolo $\frac{d}{dt}$ figurasse ivi una variabile x, l'espressione scritta si chiamerebbe una funzione lineare di x; ma da una funzione lineare si passa a una funzione più generale aggiungendo le successive potenze di x in modo da formare una serie di Taylor: applichiamo qui dunque un procedimento consimile. Le potenze successive dell'operazione $\frac{d}{dt}$ sono le operazioni di derivazione successiva, rappresentate dai simboli $\frac{d^n}{dt^n}$ ovvero $\left(\frac{d}{dt}\right)^n$, e che secondo le norme del calcolo simbolico valgono come vere e proprie potenze. Formeremo allora un'espressione come questa:

$$\Theta = \alpha_0 + \alpha_1\frac{d}{dt} + \alpha_2\frac{d^2}{dt^2} + \alpha_3\frac{d^3}{dt^3} + \dots$$

dove i coefficienti α sono costanti o funzioni di t, mentre $\frac{d^n}{dt^n}$ rappre-

Digitized by Google

senta derivazione di ordine n rispetto al tempo. Questa serie, ben nota nel calcolo funzionale, si presenta come apparentemente dotata di molta generalità. E pure basta l'esame di qualche caso elementare di dipendenza funzionale, per esempio questo: $I = \int_{t_0}^{t_1} V dt$, per concludere che la maggior parte degli operatori funzionali che s'incontrano nello studio dei circuiti elettrici non sarebbe rappresentabile sotto questa forma. Dovremmo poi aggiungere che anche quando questo sviluppo è formalmente possibile, esso perde ogni significato se l'operatore Θ agisce sopra una funzione non continua o non derivabile, come si deve supporre possano essere sempre le funzioni fisiche quando sono arbitrarie.

La serie di potenze positive non essendo sufficiente, non vi sarebbe invero difficoltà a proseguire la generalizzazione: nello stesso modo come lo sviluppo di Taylor si generalizza nello sviluppo di Laurent, anche la serie simbolica si può completare aggiungendo le potenze negative del simbolo $\frac{d}{dt}$; cioè scrivendo

$$\Theta = \ldots \alpha_{-2} \frac{d^{-2}}{dt^{-2}} + \alpha_{-1} \frac{d^{-1}}{dt^{-1}} + \alpha_0 + \alpha_1 \frac{d}{dt} + \alpha_2 \frac{d^2}{dt^2} + \ldots$$

e qui si deve intendere che le potenze negative rappresentino integrazioni di ordine successivo; cioè $\frac{d^{-1}}{dt^{-1}} V = \int V dt$, e così via di seguito. Ma nasce allora una difficoltà di ordine nuovo, ed è la presenza delle costanti arbitrarie introdotte dalle integrazioni, costanti che nella soluzione di problemi fisici non si possono lasciare indeterminate. Inoltre non si vede in quali casi questa estensione sia necessaria, nè se riesca sempre sufficiente.

Anzi, riflettiamo che procedendo di questo passo si potrebbe proseguire indefinitamente, formando espressioni analitiche di più in più complicate, contenenti il simbolo $\frac{d}{dt}$ in una forma qualunque, e sappiamo che a questo procedimento non vi è limite, perchè in analisi non si conosce forma di sviluppo abbastanza generale per rappresentare completamente una funzione qualunque. Potremmo, per la maggiore generalità, indicare con f il simbolo di una funzione analitica, di forma assolutamente indeterminata; e porre

$$\Theta = f\left(\frac{d}{dt}\right)$$

Digitized by Google

Ma a parte il fatto che nella quasi totalità dei casi il significato di una simile espressione sarebbe del tutto oscuro, non è detto che in questa forma debbano necessariamente essere rappresentabili tutti, o sia pure i più importanti, operatori di conduttanza funzionale che s'incontrano in elettrodinamica.

Quindi il primo quesito da risolvere si formulerà così: — *Come esprimere in generale l'operatore di conduttanza funzionale,* Θ*, di un circuito qualunque? — In quali casi l'espressione può risultare sotto forma di funzione simbolica della sola operazione fondamentale* $\frac{d}{dt}$*? — Infine, quale sarà lo sviluppo completo effettivo dell'espressione medesima?*

5. — Quando sapremo esprimere il Θ di un circuito qualunque, potremo porre in equazione simbolica qualunque problema, relativo a forze elettromotrici e correnti variabili, in una combinazione qualunque di circuiti; saranno le stesse equazioni che valgono per le correnti costanti, salvo la sostituzione delle conduttanze funzionali alle conduttanze ohmiche. E altrettanto immediata sarebbe sempre la soluzione, qualora fosse permesso eseguire i calcoli, applicando ai simboli Θ che figurano nelle formole, le stesse regole di calcolo che si applicherebbero a simboli di quantità ordinarie.

Quando quest'ultima ipotesi è ammissibile, l'efficacia dei calcoli simbolici è veramente straordinaria; invero HEAVISIDE ha potuto trattare la teoria dei cavi applicando ai simboli $\frac{d}{dt}$ e $\frac{d}{dx}$ ogni operazione e trasformazione, anche sotto il vincolo trascendente, come si farebbe a grandezze numeriche; e nello stesso modo L. SILBERSTEIN [1] ha dimostrato come si possano ottenere determinati integrali delle equazioni della propagazione elettrica in un mezzo uniforme. Ma di simili procedimenti non è mai stata data sufficiente giustificazione in generale; e la validità di molte deduzioni così ottenute è stata da alcuni posta in dubbio. Nè del resto è difficile trovare casi in cui per questa via si arriva ad ottenere risultati erronei; e il Silberstein nelle citate memorie ne adduce qualche esempio.

Quindi un secondo quesito da porre e da risolvere, e da cui dipende tutta l'importanza pratica del metodo simbolico, si puo formulare così: — *In quali casi e sotto quali restrizioni è permesso estendere ai simboli* Θ *le regole del calcolo ordinario? — Altrimenti, quali diverse regole si dovranno applicare?*

---

[1] *Annalen d. Physik* (1901) ottobre, p. 273.

Digitized by Google

6. — Risoluti i quesiti ora proposti, sarà possibile ottenere la soluzione dei problemi elettrodinamici sotto forma simbolica; il che vuol dire che nelle formole risolventi compariranno termini come questo

$$Y = \Theta V$$

dove Θ sarà un operatore funzionale conosciuto, mentre V potrà rappresentare una data funzione fisica arbitraria del tempo, quale può essere una f. e. m. impressa in un punto di un sistema. Si va allora incontro alla difficoltà fondamentale di tutta la ricerca: posta una espressione come quella ora scritta, in qual modo interpetrarla effettivamente?

Le soluzioni simboliche non dicono nulla, finchè non si sappiano trasformare in formole capaci d'interpetrazione numerica. E in qualche caso il passaggio è facile; per esempio, una formola come questa

$$Y = \left(\alpha_0 + \alpha_1 \frac{d}{dt} + \alpha_2 \frac{d^2}{dt^2}\right) V$$

non ha bisogno d'interpretazione. Ma quest'altra, che si presenta nella teoria dei cavi

$$Y = \left(\alpha + \beta \frac{d}{dt}\right)^{1/2} V$$

è apparentemente priva di significato.

Un terzo ed ultimo quesito è dunque questo: — *Presentandosi formole in cui figurino termini simbolici come* $Y = \Theta V$, *interpetrare questi termini in modo che i risultati rappresentino effettivamente le soluzioni dei problemi fisici proposti.*

***

7. — Il lettore che ha avuto la pazienza di seguirmi fino a questo punto nell'aspettativa d'incontrare qualche risultato nuovo di elettrodinamica, prenderebbe ora volentieri la parola, m'immagino, per dirmi: i quesiti formulati appartengono al dominio della matematica pura; la risposta deve trovarsi nelle opere che trattano del calcolo funzionale, e sarebbe fuor di luogo discuterla in uno scritto che s'intitola dalla teoria delle correnti variabili.

Mi rincresce dover disingannare il lettore su questo punto. Nei lavori esistenti la risposta non si trova; le teorie finora sviluppate dai matematici nel dominio del calcolo funzionale sono indirizzate

Digitized by Google

a uno scopo assai diverso da quello che ora c'interessa, e solo in piccola parte è qui dato approfittare dei risultati già conosciuti.

Il lettore troverà nell'eccellente trattato dei professori PINCHERLE e AMALDI (1) il riassunto più completo di ciò che finora è stato scritto in materia, e a questo trattato intendo anzi riferirmi per tutto quanto riguarda i principî generali sulla teoria delle operazioni che nelle pagine seguenti dovrò applicare. Percorrendo questo ed altri lavori speciali sullo stesso argomento, si vedrà che i più importanti risultati acquisiti al calcolo funzionale si riferiscono quasi esclusivamente al campo delle funzioni analitiche, e non si prestano facilmente ad essere generalizzati; i metodi con cui questi risultati vengono dedotti si fondano quasi esclusivamente sullo sviluppo delle funzioni in serie di Taylor e di Laurent, e solamente le funzioni analitiche possono essere definite da sviluppi di questa natura.

Le funzioni invece che nelle ricerche di elettrodinamica si devono avere più specialmente in vista hanno tutt'altro comportamento, e si possono definire solamente come « funzioni fisiche » cioè come soggette a tutte altre proprietà e restrizioni, che non siano, per es., la derivabilità e la monogeneità, e le altre proprietà caratteristiche delle funzioni analitiche.

Serva come esempio la funzione che si presenta in telegrafia. Il voltaggio V impresso al capo della linea è ad intervalli di tempo disuguali e arbitrari alternativamente nullo e costante; immaginiamo che sia richiesto di calcolare l'andamento della corrente all'altro termine della linea, mentre questa è supposta contenere capacità e induttanze localizzate e distribuite nella sua lunghezza, e il lettore avrà un esempio tipico dei problemi che più spesso si presentano nello studio delle correnti variabili. È evidente che i metodi fondati sull'uso delle serie di Taylor non possono in questi casi condurre alla soluzione.

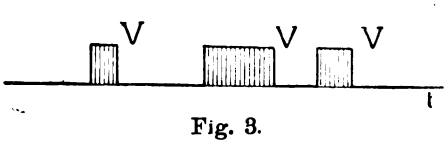


Fig. 3.

8. — A questo punto, la ricerca da intraprendere, se viene considerata in astratto, si presenta come difficilissima e quasi inattaccabile per la sua generalità. E non è da meravigliare se nonostante l'attraente semplicità del calcolo simbolico, nessuno abbia mai coltivato l'idea di servirsene come fondamento di un metodo generale di studio in elettrodinamica.

(1) *Le operazioni distributive*, Bologna, 1901. Veggansi anche i lavori di OLTREMARE, riassunti nelle sue *Leçons sur le calcul de généralisation*. Paris, 1899.

Digitized by Google

Ma per lo studio elettrodinamico, questa ricerca astratta non si deve invece proporre. Nel corso di questo lavoro mi propongo di dimostrare come alla soluzione di tutti i quesiti proposti, nei limiti richiesti dalle applicazioni elettrodinamiche, si possa arrivare, pur d'intraprendere lo studio da un punto di vista opportuno. La generalità in fatto nei problemi fisici non è mai illimitata; si può del tutto rinunciare a qualunque ipotesi restrittiva sul carattere analitico delle funzioni del tempo, pur di tener conto che in luogo di ciò subentrano altre restrizioni, conseguenza della natura fisica dei fenomeni e dei sistemi che sono oggetto di studio. Inoltre si può, senza togliere generalità pratica alle deduzioni, circoscrivere il campo d'applicazione del calcolo simbolico, rinunciando alla discussione di tutta una categoria di problemi, — per esempio, quelli a cui danno origine i fenomeni d'induzione magnetica nei corpi soggetti a isteresi — problemi che per la loro propria natura non si prestano a trattazione matematica alcuna.

*
* *

9. — Si riconoscerà anzitutto che quelle funzioni fisiche del tempo le quali si presentano in elettrodinamica, non possono avere un andamento teoricamente del tutto arbitrario. Anzitutto queste funzioni sono univoche e finite in ogni punto; possono essere bensì discontinue (passando da un valore finito ad un altro valore finito), ma in qualunque intervallo finito di tempo tanto le discontinuità quanto i punti di massimo e di minimo, non si presentano mai in numero infinito. Alludiamo a queste proprietà dicendo che si tratta di *funzioni fisiche;* le proprietà medesime non assicurano la derivabilità, ma portano come conseguenza l'integrabilità delle funzioni (moltiplicate anche per qualunque altra funzione continua del tempo) in qualunque intervallo finito.

Un tratto di lapis arbitrariamente tracciato sopra una carta potrà servire come esempio del possibile andamento di queste funzioni.

Inoltre in ogni problema distinguiamo tra funzioni arbitrarie o *indipendenti* e funzioni *dipendenti*. Per esempio in un circuito elettrico la f. e. m. impressa V si presenta come arbitrariamente data, mentre l'intensità di corrente I dipende dai valori simultaneamente e precedentemente (ma non susseguentemente) assunti dalla V. Nello studio matematico le equazioni si scriveranno in forma tale che i simboli funzionali operino sulle funzioni indipendenti, mentre le altre appariranno come risultato dei calcoli.

Digitized by Google

Nei problemi pratici le funzioni indipendenti (come il voltaggio in telegrafia) si presentano a rigore sempre come esistenti in intervallo finito di tempo, e nulle al di fuori dell'intervallo stesso; conviene nondimeno considerare anche il caso di funzioni costanti o periodiche. Per la maggiore possibile generalità teorica ammettiamo che una funzione indipendente, nel caso più generale, possa essere data dalla somma di: (1) una funzione fisica (nel senso qui sopra definito) soggetta alla condizione di essere integrabile in qualunque intervallo non solamente finito, ma anche infinito, di tempo; (2) un qualunque numero finito di funzioni fisiche periodiche, a periodi anche indipendenti, fra cui eventualmente anche una costante. Queste limitazioni si aggiungono dunque alle precedenti per definire il campo funzionale d'applicazione dei simboli operativi che si devono considerare.

E per delimitare i quesiti matematici si ricorderà sempre che la variabile fondamentale (tempo) assume esclusivamente valori reali.

***

10. — Introduciamo ora qualche limitazione relativamente alla scelta dei sistemi elettrodinamici che vogliamo fare oggetto di studio.

Anzitutto si presenta ovvia una distinzione.

Abbiamo definito la conduttanza funzionale di un circuito paragonando fra loro l'intensità di corrente variabile e la corrispondente f. e. m. impressa, nello stesso modo come la conduttanza ohmica si definisce paragonando una corrente costante e una f. e. m. costante e facendo il rapporto. Ma anche nello studio delle correnti costanti, a qualunque siffatto rapporto non si dà il nome di conduttanza ohmica in ogni caso: ciò si fa solamente allorquando per l'assenza di altre forze elettromotrici o controelettromotrici di origine esterna, e per le proprietà dei conduttori che compongono il sistema, il rapporto stesso è indipendente dal valore della corrente nel circuito. Estendiamo lo stesso concetto al caso delle correnti variabili; dovremo all'uopo formularlo nella seguente guisa.

Un circuito abbia tal proprietà, che in certe determinate condizioni, l'intensità di corrente I, come funzione del tempo, risulti interamente e univocamente determinata quando è data, pure come funzione del tempo, la forza elettromotrice V applicata agli elettrodi; valga inoltre la *proprietà addittiva,* cioè se ai voltaggi V_1, V_2 corrispondono rispettivamente le correnti I_1, I_2, allora al voltaggio $(V_1 + V_2)$ corrisponda la corrente $(I_1 + I_2)$; quest'ultima condizione,

Digitized by Google

nel caso di dipendenza semplice e non funzionale, si tradurrebbe appunto infatti nella invariabilità del rapporto $\frac{I}{V}$. Sotto le espresse condizioni, e non altrimenti, si dirà che il circuito possiede una conduttanza funzionale definita, Θ, e si scriverà

$$I = \Theta V.$$

La proprietà additiva si tradurrà nell'equazione

$$\Theta (V_1 + V_2) = \Theta V_1 + \Theta V_2$$

che porta di conseguenza l'equazione stessa estesa a un numero qualunque di termini; ovvero

$$\Theta . \Sigma V = \Sigma . \Theta V$$

che noi scriviamo simbolicamente

$$\Theta \Sigma = \Sigma \Theta.$$

Potremo allora dire che i simboli Σ e Θ sono commutabili (1). Le operazioni Θ che godono di questa proprietà sono quelle note in Analisi col nome di *operazioni distributive;* e siccome si sa che dalla combinazione di operazioni distributive risultano sempre operazioni distributive (vedi Pincherle e Amaldi, op. cit.) così avremo fin d'ora accertato che alla stessa categoria apparterranno anche tutti i simboli d'operazione che otterremo come risultato dei nostri calcoli.

Osserviamo che la condizione additiva porta ad escludere quei circuiti in cui le « costanti » caratteristiche non siano tutte costanti rispetto alle variabili elettriche; sono quindi esclusi i circuiti con nuclei magnetici contenenti ferro o altre sostanze di induttività variabile.

11. — Limitata avendo la ricerca a un campo in cui s'incontrano solamente operazioni distributive, un principio noto della teoria di queste operazioni ci serve come punto di partenza per discutere il quesito relativo alle regole di calcolo dei simboli. Tutti i simboli di operazioni distributive possono essere trattati con le stesse regole di calcolo come se fossero grandezze ordinarie, ad eccezione però

(1) Di qui consegue anche

$$\Theta n = n \Theta$$

se n è una quantità costante rispetto al tempo.

Digitized by Google

della *regola commutativa,* che ai prodotti simbolici generalmente non è applicabile.

Ricorderò al lettore che per prodotto simbolico di due operatori Θ_1 e Θ_2 s'intende un operatore, che si denota con $\Theta_1 \Theta_2$ ed è così definito

$$(\Theta_1 \Theta_2)\, V = \Theta_1 (\Theta_2\, V)$$

equazione che deve valere qualunque sia V. Ora la mancanza della proprietà commutativa significa questo, che in generale l'equazione

$$\Theta_1 \Theta_2 = \Theta_2 \Theta_1$$

non è soddisfatta. Il prodotto dipende dall'ordine dei fattori, e questo basta affinchè i calcoli diventino assai complicati.

Ma abbiamo detto che l'importanza del metodo simbolico sarebbe grande allorquando gli operatori si potessero trattare come quantità ordinarie. Chiediamoci quindi quale ulteriore limitazione sarebbe necessaria per assicurare anche la regola commutativa; e vedremo se si può ritenerla senza restringere di troppo il numero o l'importanza dei problemi di elettrodinamica a cui il metodo simbolico si può applicare.

Per potere eseguire un calcolo applicando le regole ordinarie è necessario e sufficiente che siano commutabili *fra loro* tutti gli operatori che ivi figurano simultaneamente; e (in virtù di principî noti) basta all'uopo che lo siano quegli operatori che s'introducono a principio del calcolo stesso. Fra gli operatori che possono figurare nei nostri calcoli vi è sempre l'operatore differenziale $\frac{d}{dt}$. Vogliamo perciò cominciare dal ricercare la condizione affinchè l'operatore Θ che rappresenta la conduttanza funzionale di un circuito sia commutabile con $\frac{d}{dt}$; cioè affinchè si abbia

$$\Theta\left(\frac{dV}{dt}\right) = \frac{d}{dt}(\Theta\, V)$$

equazione che dovendo essere soddisfatta qualunque sia la funzione V si scrive con la convenzione simbolica già accennata

$$\Theta \frac{d}{dt} = \frac{d}{dt}\Theta.$$

Digitized by Google

12. — Il lettore qui può chiedere se l'equazione scritta non è una necessaria conseguenza della proprietà additiva; ma è facile vedere che non è così. Poichè dalla proprietà additiva consegue invero

$$\Theta(V_2 - V_1) = \Theta V_2 - \Theta V_1$$

e quindi, se x è un parametro estraneo qualunque, si ha, come ovvia conseguenza

$$\Theta\left(\frac{dV}{dx}\right) = \frac{d}{dx}(\Theta V)$$

formola di cui spesso approfitteremo. Ma se x, invece che un parametro estraneo rappresenta il tempo, cioè la stessa variabile indipendente che serve di base all'operazione Θ, l'ultima conclusione non è più legittima.

Ciò premesso, voglio dimostrare il seguente teorema: *Condizione necessaria e sufficiente affinchè un'operazione distributiva* Θ, *relativa alla variabile* t, *sia commutabile con l'operazione* $\frac{d}{dt}$, *è che l'operazione* Θ *non dipenda da* t; intendo dire che i valori di tutti i parametri, i quali figurano nella definizione di Θ devono essere costanti rispetto a t. In altre parole, l'operazione Θ deve essere tale che, applicata a due funzioni le quali abbiano identica forma e non differiscano se non per la scelta dell'origine, produca due funzioni le quali pure abbiano identica forma e non differiscano se non per la scelta dell'origine. Dicendo t_0 una costante qualunque, questa condizione si scriverà

$$\Theta\varphi(t + t_0) = \Phi(t + t_0)$$

dove φ è una funzione arbitraria, e Φ è una funzione la cui forma dipende da quella della φ, ma non dal valore del parametro t_0.

(1). La condizione è necessaria.

Infatti, se si ha

$$\Theta\frac{d}{dt}f(t) = \frac{d}{dt}\Theta f(t)$$

poniamo $f(t) = \varphi(t + t_0)$; avremo

$$\Theta\frac{d}{dt}\varphi(t + t_0) = \frac{d}{dt}\Theta\varphi(t + t_0)$$

ovvero

Digitized by Google

$$\Theta \frac{d}{dt_0} \varphi (t + t_0) = \frac{d}{dt} \Theta \varphi (t + t_0).$$

E siccome t_0, rispetto all'operazione Θ figura come un parametro qualunque, e l'operazione Θ è distributiva, così la derivazione rispetto a t_0 è commutabile con Θ, e quindi

$$\frac{d}{dt_0} \Theta \varphi (t + t_0) = \frac{d}{dt} \Theta \varphi (t + t_0).$$

Questa si può considerare come un'equazione differenziale a derivate parziali, che definisce la $\Theta \varphi (t + t_0)$, funzione incognita delle due variabili t, t_0. Integrandola, si ricava

$$\Theta \varphi (t + t_0) = \Phi (t + t_0)$$

come volevasi dimostrare.

(2). La condizione è sufficiente.

Infatti sia

$$\Theta \varphi (t + t_0) = \Phi (t + t_0).$$

Allora, derivando rispetto a t_0 come se fosse un parametro qualunque:

$$\Theta \frac{d}{dt_0} \varphi (t + t_0) = \frac{d}{dt_0} \Phi (t + t_0)$$

quindi

$$\Theta \frac{d}{dt_0} \varphi (t + t_0) = \frac{d}{dt} \Phi (t + t_0)$$

cioè

$$\Theta \frac{d}{dt} \varphi (t + t_0) = \frac{d}{dt} \Theta \varphi (t + t_0)$$

come volevasi dimostrare.

***

13. — Facendo uso di un termine che ho introdotto altra volta nella teoria delle correnti alternanti, definirò come *circuiti normali* quei circuiti, il cui operatore di conduttanza funzionale, oltre a dare, sotto certe determinate condizioni, un risultato univoco ed essere

Digitized by Google

distributivo (nell'applicazione a tutto il campo delle funzioni fisiche indipendenti) soddisfa anche alle condizioni richieste per essere commutabile con $\frac{d}{dt}$. Queste condizioni, in base a quanto ora è stato dimostrato, implicano semplicemente che tutte le « costanti del circuito » siano effettivamente costanti, non soltanto rispetto alle variabili elettriche, ma anche rispetto al tempo; osservando che quelle variazioni le quali avvengono in un tempo abbastanza lungo per non essere paragonabile con la durata delle variazioni (nei casi pratici sempre estremamente rapide) delle variabili elettriche, non sono praticamente da considerare, e non tolgono carattere normale al circuito.

In pratica, assai probabilmente non si presentano altri circuiti anormali se non quelli contenenti nuclei ferromagnetici, che abbiamo già escluso dalle nostre considerazioni. Osserverò poi, senza qui dimostrarlo, che la definizione di circuiti normali data nella teoria delle correnti alternanti equivale a quella formulata ora: se un circuito è normale per le correnti alternanti, è normale anche nel senso qui definito; e reciprocamente. Per riconoscere sperimentalmente se un circuito è normale, è sufficiente osservare il diagramma della corrente che segue a una f. e. m. impulsiva; la forma di questo diagramma deve risultare indipendente dall'epoca in cui l'impulsione è applicata, e inoltre applicando allo stesso circuito più impulsioni, simultanee o in epoche differenti, si deve ottenere un diagramma di corrente, il quale sia la somma dei rispettivi diagrammi.

È poi sin da ora facilmente prevedibile, e rigorosamente risulterà dal complesso dalle deduzioni che in seguito svolgeremo, come dalla combinazione di circuiti normali risultino sempre circuiti normali.

In tutto il corso del presente lavoro restringeremo il nostro studio alla considerazione di sistemi composti con circuiti normali. Questa limitazione si può introdurre senza diminuire il campo d'applicazione pratica del metodo simbolico; i problemi che ne rimangono esclusi sono appunto solamente quelli relativi a certi fenomeni il cui andamento non è adatto ad esser rappresentato con formole matematiche.

14. — Conformemente alla definizione di circuiti normali chiamerò *operatore normale* un qualunque simbolo di operazione Θ il quale soddisfi alle stesse condizioni a cui soddisfa la conduttanza funzionale dei circuiti medesimi. Questa definizione è relativa al campo di quelle funzioni fisiche V a cui l'operatore Θ si suppone applicabile, e implica le condizioni: che il risultato ΘV sia sempre

Digitized by Google

funzione fisica determinata; che valga la proprietà addittiva; che Θ sia commutabile col simbolo $\frac{d}{dt}$.

Enuncio allora i seguenti teoremi, di cui riserbo la dimostrazione alle ultime pagine del presente lavoro. Gli enunciati, al pari di tutte le proposizioni che verranno in seguito, s'intendono sempre valevoli nell'intero campo delle possibili funzioni fisiche indipendenti ma non al di fuori.

(1) — Se Θ è normale, si può esprimerlo sotto forma di funzione simbolica dell'operatore differenziale $\frac{d}{dt}$; cioè si può scrivere

$$\Theta = f\left(\frac{d}{dt}\right)$$

dove f è una funzione suscettibile di effettiva espressione analitica, che darò a suo tempo, e che contiene coefficienti tutti costanti rispetto a t, e dove, oltre a $\frac{d}{dt}$, non figura alcun altro simbolo di operazione funzionale relativa a t.

(2) — Data un'espressione simbolica della forma

$$\Theta = f\left(\frac{d}{dt}\right)$$

dove f è una qualunque espressione analitica a coefficienti tutti costanti rispetto a t, e non contenente, oltre a $\frac{d}{dt}$, alcun altro simbolo di operazione funzionale relativo a t, — si può sempre attribuire a questo simbolo il significato di un'operazione distributiva, commutabile con $\frac{d}{dt}$, e sotto certe condizioni che devono essere soddisfatte dalla f, anche normale; e tutto ciò in modo tale da verificare il teorema che segue. Questo significato resta definito da una «formola d'interpretazione», la quale permette di calcolare l'effettivo valore di ΘV sotto forma di un integrale definito, che nei casi fisici è sempre convergente.

(3) — Tutti gli operatori normali sono commutabili fra loro, e dalla loro combinazione analitica risultano sempre operatori normali. Si possono dunque assoggettare senza limite a tutte le regole del calcolo ordinario (1).

(1) Fa eccezione questo, che in un prodotto simbolico, l'annullarsi del prodotto non porta necessariamente l'annullarsi di uno dei fattori; ma nei calcoli che dovremo fare, questa questione non si presenterà mai.

Digitized by Google

Questi tre teoremi permettono di rispondere completamente ai quesiti proposti come fondamentali per lo studio che volevamo intraprendere. L'applicazione di essi permette di usare sistematicamente del metodo simbolico nell'investigazione di tutti i problemi relativi a correnti variabili, riducendo la risoluzione dei problemi medesimi alla risoluzione dei corrispondenti problemi relativi alle correnti costanti.

***

15. — Le pagine che seguono saranno dedicate a mostrare, nelle applicazioni e in teoria, lo sviluppo effettivo del metodo simbolico, fondato sugli enunciati principî.

Seguirò in questo sviluppo un ordine inverso a quello teoretico. Incomincierò dal discutere i casi più semplici, resistenze, induttanze, capacità, e loro combinazioni; questo permetterà di familiarizzare il lettore con l'applicazione del metodo simbolico, e al tempo stesso di riunire una raccolta di formole contenenti la soluzione di problemi d'interesse teorico e pratico. Intanto non sarà necessario ricorrere a teoremi generali, ma le difficoltà saranno successivamente discusse e risolute a mano a mano che si presentano.

Il capitolo successivo conterrà la teoria delle reti composte con resistenze, induttanze, capacità e mutue induzioni, e la discussione dei relativi problemi nella forma più generale; questa teoria si presenterà come una naturale estensione dei risultati fino allora ottenuti, e condurrà all'enunciato di qualche principio necessario per lo svolgimento delle successive ricerche.

L'ultima parte di questo lavoro avrà carattere meno elementare, e sarà destinata alla discussione dei sistemi elettrodinamici di costituzione generale e a quelli di costituzione sconosciuta; in essa dimostrerò i teoremi generali che per ora ho semplicemente enunciato, e ricaverò le formole effettive per l'applicazione dei teoremi medesimi. Queste formole e questi teoremi, di cui si può fare a meno nello studio dei sistemi elementari, sono invece necessarî per la discussione dei circuiti di costituzione generale, e per risolvere i problemi sulla propagazione di correnti nei sistemi infiniti e nei sistemi continui.

Digitized by Google

PARTE SECONDA.

TEORIA DEI CIRCUITI NORMALI ELEMENTARI.

16. — In questo capitolo mostrerò l'applicazione del metodo simbolico per ricavare la teoria delle correnti variabili nei circuiti composti con resistenze, induttanze e capacità, variamente combinate fra loro. Oggetto di questa teoria deve essere determinare, come funzione del tempo, l'intensità di corrente I prodotta da una f. e. m. V, arbitrariamente variabile in funzione del tempo, e che agisca fra i poli di un circuito. Si raggiungerà questo intento assegnando, caso per caso, l'espressione della conduttanza funzionale Θ del circuito stesso; ma la forma riuscendo simbolica, avrà bisogno generalmente d'interpretazione; si dovrà quindi dare, caso per caso, una *formola d'interpretazione* la quale permetta di trasformare l'espressione $I = \Theta V$ in un'altra di significato conosciuto e suscettibile di effettiva calcolazione.

Ma l'uso dei simboli Θ permetterà di ricavare la teoria di un circuito comunque complesso dalla teoria dei circuiti elementari che lo compongono. Il procedimento sarà il seguente. Si ricaverà l'espressione di Θ nei tre casi fondamentali di una resistenza pura, di una capacità pura e di una induttanza pura. Gli operatori che si ottengono in questi tre casi hanno espressione semplicissima, e i principî più elementari sul calcolo simbolico, insegnano che ad operatori siffatti le regole di calcolo delle quantità ordinarie sono interamente applicabili. Ne risulta che per un circuito comunque composto con resistenze, induttanze e capacità, l'espressione simbolica di Θ si otterrà sostituendo i rispettivi simboli Θ dei singoli elementi nella stessa formula con cui, se si trattasse di conduzione ohmica, si passerebbe dalle conduttanze ohmiche componenti a quella risultante. La dimostrazione rigorosa di questo principio emergerà dallo svolgimento stesso dei calcoli e delle deduzioni. Ad ogni modo, in questo capitolo e in quello seguente non mi propongo la discussione teorica di principî generali, ma piuttosto desidero rendere familiare il lettore con l'uso dei simboli. A tale intento mi fermerò più specialmente intorno a questioni elementari la cui soluzione è già ben nota per altra via; questo permetterà di confrontare i risultati simbolici coi risultati che si posseggono sotto altra forma, e mettere in rilievo le particolarità più essenziali che si presentano nella trattazione simbolica di problemi elettrodinamici.

Digitized by Google

17. — Notazioni. Riassumo nel quadro seguente le notazioni di cui intendo servirmi in tutto il corso del presente lavoro: il lettore vorrà fare speciale attenzione all'uso del simbolo Δ per indicare l'operatore differenziale. Le convenzioni a cui mi attengo sull'uso delle lettere sono diverse da quelle adottate dalla maggior parte degli autori che hanno scritto sul calcolo funzionale, e sono invece scelte in modo da non trovarsi in conflitto con quelle più in uso nella fisica matematica.

(1) *Operatori funzionali* = lettere greche maiuscole. E in particolare:

$\Delta = \frac{d}{dt}$

Θ = conduttanza funzionale di un circuito.

Si noterà che Δ possiede dimensioni fisiche, inverse a quelle di un tempo.

(2) *Costanti dei circuiti* = lettere latine minuscole. E in particolare:

g = conduttanza ohmica

r = resistenza ohmica

l = induttanza

k = capacità.

(3) *Variabili elettriche* = lettere latine maiuscole. E in particolare:

V = voltaggio (f. e. m. applicata ai poli)

I = amperaggio (intensità di corrente in circuito).

(4) *Altri simboli:*

t = tempo

e = base degli esponenziali

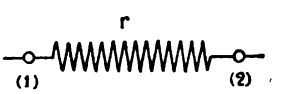
$i = \sqrt{-1}$.

Intraprendiamo ora ordinatamente la discussione sui diversi tipi di circuiti di cui ci siamo proposti lo studio.

*
* *

18. — Resistenza pura. Se un conduttore ha sola resistenza, senza induttanza nè capacità, allora la formola di Ohm vale per qualunque corrente variabile; vale a dire che la conduttanza funzionale coincide con la conduttanza ordinaria.

Scriveremo:



$\Theta = g = \frac{1}{r}$

Fig. 4.

formola che non ha bisogno di essere interpetrata.

Digitized by Google

19. — Capacità pura. Sia un condensatore, di capacità k, privo di resistenza e di disperdimento. La formola che lega V con I è la seguente:

$$I = k\frac{dV}{dt}$$

Fig. 5.

La conduttanza funzionale è dunque:

$$\Theta = k\Delta$$

Notiamo una singolarità: il voltaggio non può essere discontinuo senza che I diventi infinita. Questo contraddirebbe a un principio generale già enunciato, ma il caso di una capacità priva di resistenza è fisicamente irrealizzabile.

20. — Condensatore shuntato. Sia un condensatore, sempre privo di resistenza, ma shuntato con una conduttanza ohmica g. La conduttanza funzionale è la somma delle conduttanze funzionali dei due rami; quindi:

$$\Theta = g + k\Delta$$

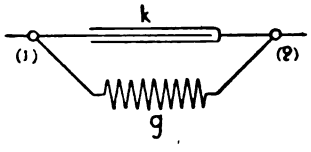


Fig. 6.

Questa formola si può paragonare con quella che dà la resistenza funzionale di una resistenza induttiva. Vale anche qui la stessa osservazione fatta al caso precedente.

21. — Induttanza pura. Sia un'induttanza, priva di resistenza. L'equazione caratteristica è:

$$V = l\frac{dI}{dt}$$

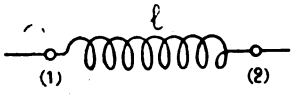


Fig. 7.

che si può scrivere simbolicamente:

$$I = \frac{1}{l\Delta}V$$

La conduttanza funzionale assume dunque la forma:

$$\Theta = \frac{1}{l\Delta} = \frac{1}{l}\Delta^{-1}$$

In questa formola il simbolo $\frac{1}{\Delta}$, ovvero Δ^{-1}, deve essere interpetrato come l'operazione inversa a Δ, ovvero come un'integrazione; cioè, qualunque sia V, dobbiamo scrivere:

$$\frac{1}{\Delta}(V) = \int V dt + C$$

dove C è una costante arbitraria.

Digitized by Google

La presenza della costante arbitraria fa sì che il risultato dell'operazione $\frac{1}{\Delta}(V)$ non è di per sè univocamente determinato (1). L'operatore $\frac{1}{\Delta}$ è cioè uno di quelli a cui nel calcolo funzionale si dà il nome di *operatori singolari* ovvero *a determinazione multipla*. Questo fatto ha per la teoria dei fenomeni elettrodinamici un significato così importante che vogliamo sin da ora dedicarvi qualche riflessione.

***

22. — Proprietà degli operatori singolari. Per considerare la questione più in generale, osserverò che nella categoria degli operatori singolari rientrano tutte le potenze negative di Δ, e più in generale, come vedremo, tutti gli operatori esprimibili simbolicamente sotto forma di funzioni non intere di Δ. Ma vi è a distinguere nell'ordine della singolarità: dato, per esempio, l'operatore Δ^{-n}, nel risultato dell'operazione $\Delta^{-n}V$ (la quale significa integrazione ripetuta n volte su V) figurano n costanti arbitrarie; si dice allora che l'operatore è *n volte singolare*. Quando un operatore siffatto si presenta come conduttanza funzionale di un circuito, questo fatto indica che ogni qual volta è data, in un intervallo di tempo finito, la funzione V, non per questo resta determinata la I; per determinarla interamente sono necessarie n condizioni iniziali; in altre parole, esiste un sistema n volte infinito di funzioni I, ognuna delle quali rappresenta una corrente elettrica capace di sussistere (per tutto l'intervallo di tempo considerato) sotto l'azione dello stesso voltaggio V. Facciamo la differenza fra due qualunque di queste funzioni. Questa differenza, in virtù della proprietà additiva, rappresenta una corrente capace di sussistere, per tutto l'intervallo di tempo considerato, sotto l'azione di un voltaggio nullo. Noi possiamo indicare con $\Theta(0)$ una funzione siffatta. Alla discussione della fun-

(1) Quando si vuol mettere in rilievo questo fatto, si può fare uso delle parentesi, come nella formola ora scritta, usando la notazione $\frac{1}{\Delta}(V)$ per indicare il risultato indeterminato, e riserbando la notazione $\frac{1}{\Delta}V$ per indicare la particolare funzione che si ottiene quando si aggiungono condizioni sufficienti per determinare in modo univoco, e con osservanza della legge addittiva, il risultato. Il carattere di operatore normale compete al simbolo $\frac{1}{\Delta}$ solamente quando entra in combinazione in siffatta guisa.

Digitized by Google

zione $\Theta(0)$ si può ridurre la discussione della molteplicità di determinazioni di un operatore singolare Θ.

Per un operatore non singolare, quale Δ, si ha $\Theta(0) = 0$ identicamente. Per un operatore n volte singolare, l'espressione $\Theta(0)$ rappresenta un sistema n volte infinito di funzioni; tradotta in termini finiti, l'espressione contiene n costanti indeterminate.

Quale è il significato fisico di queste particolarità matematiche? Non esiste fenomeno fisico senza una trasformazione di energia. Se in un sistema l'intensità di corrente I può essere diversa da zero nel tempo in cui la forza elettromotrice impressa V è nulla, cioè mentre il sistema non riceve energia dall'esterno, ciò vuol dire che nel sistema si compiono fenomeni dovuti a energia immagazzinata nell'interno.

Nei circuiti incapaci di conservare energia, quale, ad esempio, una resistenza pura, la corrente si annulla quando il voltaggio si annulla; la conduttanza funzionale di questi circuiti è rappresentata dunque da operatori non singolari.

Il fatto che la conduttanza funzionale di un circuito risulti un operatore a determinazione multipla significa che il circuito stesso è capace di immagazzinare energia quando è percorso da corrente elettrica.

23. — Equazione delle variazioni. Riprendiamo ora il caso da cui siamo partiti, cioè $\Theta = \frac{1}{l\Delta}$. L'operatore è allora semplicemente singolare, e per determinare la I è necessaria e sufficiente una condizione iniziale. Se come condizione iniziale si prende il valore I_0 assunto dalla I all'origine t_0 dell'intervallo di tempo considerato, si esprime la I con formola determinata, come segue:

$$\frac{1}{l\Delta}(V) = \frac{1}{l}\int_{t_0}^{t} V dt + I_0$$

Si rifletta ora al significato di questa formola. Il primo termine del secondo membro rappresenta una corrente determinata dal voltaggio V; il secondo, che sarebbe la $\Theta(0)$ definita or ora, rappresenta una corrente che esisteva inizialmente e che per proprietà del circuito permane inalterata. La proprietà del circuito qui considerato è appunto infatti questa, che una qualunque intensità di corrente acquistata dal conduttore continua a circolare nel medesimo indefinitamente, quando il conduttore sia sottratto a qualunque voltaggio, il che vuol dire quando sia chiuso in corto circuito.

Digitized by Google

I miei lettori sono certamente tutti familiari con la teoria dei sistemi vibranti, della quale s'incontrano in elettrotecnica alcune fra le più importanti applicazioni. Quando un sistema vibra in modo periodico sotto l'azione di una forza impressa oscillante, la vibrazione si chiama forzata; si chiamano invece libere quelle vibrazioni, di carattere generalmente non periodico, che un sistema abbandonato a sè stesso compie prima di tornare alla quiete: addizionando una vibrazione forzata e una libera si ha la vibrazione più generale possibile in un sistema sottoposto a una forza oscillante, quale si riscontra prima che il sistema abbia raggiunto lo stato di regime, caratterizzato dall'andamento periodico.

I movimenti vibratori non sono se non un caso particolare delle variazioni di carattere arbitrario, a cui il nostro studio attuale è diretto. Generalizziamo quindi il linguaggio per estenderlo ai fenomeni che non hanno carattere oscillatorio. E diremo che quando Θ è a determinazione multipla, l'espressione completa di $I = \Theta V$ si compone di due termini. Il primo termine è una funzione determinata dalla forza impressa V, e che si annulla quando $V = 0$ per l'intervallo di tempo considerato; lo chiameremo *variazione impressa.* Il secondo termine è la funzione $\Theta(0)$ contenente n costanti indeterminate, e possiamo chiamarlo *variazione libera,* in quanto rappresenta la variazione più generale che il sistema potrebbe compiere quando per l'intervallo di tempo in questione fosse sottratto a qualunque forza impressa; oppure, considerando il suo significato nella formola completa, diciamo che rappresenta lo *stato residuo* dovuto alle condizioni iniziali. In ogni caso si ha dunque:

Variazione completa = *Variazione impressa* + *Stato residuo*

e la formola

$$\frac{1}{l\Delta}(V) = \frac{1}{l}\int_{t_0}^{t} V dt + I_0$$

ottenuta nel caso più semplice ora considerato è un esempio di questa relazione generale.

24. — Per essere precisi, si può anche osservare che il nome di *variazione libera* pel termine $\Theta(0)$ conviene più propriamente allorquando nell'espressione le n costanti arbitrarie si lascino effettivamente indeterminate; mentre la denominazione di *stato residuo* lascia piuttosto presumere che le costanti siano state determinate in base ad assegnate condizioni iniziali. Ad ogni modo, dalla discussione fatta si verrebbe a dedurre che quando Θ è singolare, l'espressione completa di ΘV non è mai determinata di per sè stessa, e non può essere determinata se non a patto d'introdurre elementi estranei

Digitized by Google

alla funzione V, quali sono l'epoca iniziale e le condizioni iniziali: ciò infatti è quanto si verifica nel caso $\Theta = \frac{1}{l\Delta}$ che finora abbiamo discusso. E siccome operatori singolari sono quelli che s'incontrano costantemente in tutte le ricerche di elettrodinamica, una tale conclusione significherebbe la necessità di subordinare la teoria a sì continue complicazioni ed eccezioni, che l'utilità dei metodi simbolici risulterebbe in gran parte illusoria.

Mi propongo di dimostrare come anche questa difficoltà possa venire interamente rimossa, pur di tenere in conto le condizioni e limitazioni che necessariamente conseguono dalle proprietà fisiche dei sistemi.

Lo speciale operatore $\frac{1}{l\Delta}$, finora considerato, e che conduce a una formola da cui l'indeterminazione non si può eliminare, si è presentato nel caso di una *induttanza pura,* cioè induttanza priva di resistenza. Ora anche questo caso, al pari degli altri due precedentemente discussi, è puramente ideale. Nei sistemi fisici la resistenza non è mai nulla. E dimostrerò come la proprietà dissipativa dovuta alla resistenza conduce a conseguenze tali che, ponendo opportunamente il problema, si può sempre ottenere per ΘV una espressione determinata, in cui non figurano più nè costanti arbitrarie nè condizioni iniziali. Si vedrà questo nella discussione dell'esempio seguente.

***

25. — Resistenza induttiva. Siano una resitenza pura r, e una induttanza pura l, in serie fra loro. La resistenza funzionale del sistema è la somma delle due resistenze funzionali singole, e quindi è uguale a

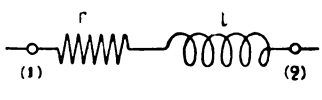


Fig. 8.

$$r + l\Delta$$

espressione che abbiamo incontrata sin dalle prime righe di questo lavoro. L'inversa di questa è la conduttanza funzionale richiesta, cioè:

$$\Theta = \frac{1}{r + l\Delta}$$

che possiamo mettere sotto la forma:

$$\Theta = \frac{\alpha}{\Delta - \rho}$$

dove α e ρ sono due costanti, la seconda delle quali è negativa.

Come si deve interpetrare questa espressione?

Digitized by Google

Nel caso che trattiamo, il risultato è ben noto per altra via, e ce ne serviamo per attribuire un significato alla formola simbolica. Discutiamo in modo particolareggiato queste posizioni fondamentali, perchè da esse dipende tutto il resto del nostro studio.

Anzitutto lasciamo via la costante α, che rimane come semplice moltiplicatore in tutti i risultati. Vogliamo trovare il significato di una formola come questa:

$$Y = \frac{1}{\Delta - \rho} V$$

quando V è una funzione fisica qualunque. Secondo le notazioni del calcolo simbolico, il dire in generale che Y è definito dall'espressione ora scritta, non sarebbe altro che un modo abbreviato per dire che Y è soluzione dell'equazione differenziale

$$(\Delta - \rho)\, Y = V$$

Non vi è difficoltà a integrare questa equazione analiticamente; ma per lo studio fisico è più istruttivo arrivare al risultato col seguente ragionamento, il quale ci darà occasione di stabilire un teorema d'importanza più generale.

Si supponga sempre che l'equazione definisca il comportamento di un sistema fisico, in cui V è la funzione indipendente, e sia fisicamente una forza impressa, Y è la funzione dipendente. Quando il sistema è abbandonato a sè stesso, cioè senza forze impresse, la equazione si riduce a

$$(\Delta - \rho)\, Y = 0$$

il cui integrale generale è della forma $Ce^{\rho t}$. Si ha dunque la variazione libera del sistema sotto la forma:

$$\frac{1}{\Delta - \rho}(0) = Ce^{\rho t}$$

dove C è una costante arbitraria. Per determinare quest'ultima, pongasi la condizione che per $t = t_0$, sia $Y = Y_0$; e allora

$$\frac{1}{\Delta - \rho}(0) = Y_0 e^{\rho (t - t_0)}$$

formula che ci dà l'espressione dello stato residuo in funzione delle condizioni iniziali.

26. — Funzioni impulsive. Introdurrò ora un concetto del quale devo fare largo uso in seguito: quello di *funzione impulsiva*. Deno-

Digitized by Google

terò col nome di funzione impulsiva unitaria e indicherò col simbolo $F_u(t)$ una funzione di t così definita: la funzione è costantemente nulla per qualunque valore positivo e negativo di t, eccetto che nell'interno di un intervallo infinitesimo comprendente l'istante $t = 0$; in questo intervallo la $F_u(t)$ assume valori infinitamente grandi, ma con legge tale che si abbia:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} F_u(t)\, dt = 1$$

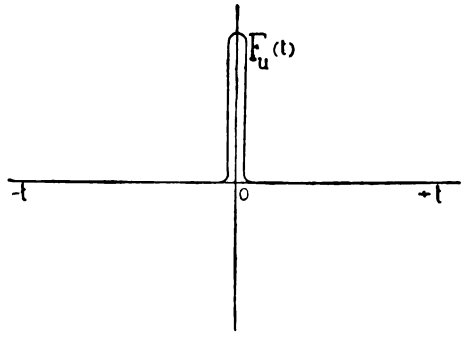


Fig. 9.

Data questa notazione, il simbolo $F_u(t-\tau)$ rappresenterà una funzione avente ancora lo stesso andamento, ma col suo infinito localizzato nell'istante $t = \tau$ anzichè nell'istante $t = 0$. Per brevità chiamerò questa una funzione impulsiva unitaria *relativa all'epoca* τ.

Moltiplicando poi una funzione impulsiva unitaria per una costante μ, si ha espressa da $\mu F_u(t-\tau)$ una funzione impulsiva il cui integrale di tempo

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \mu F_u(t-\tau)\, d\tau$$

è uguale a μ. Questo valore si può chiamare *momento* ovvero *intensità* della funzione non unitaria.

Le funzioni impulsive sono familiari in meccanica. Da Maxwell e più specialmente da Heaviside ne fu fatto uso in ricerche elettrodinamiche. Sarà appena necessario ricordare che le equazioni in cui figurano funzioni impulsive, al pari di quelle dove figurano infinitesimi attuali, devono essere intese « al limite »; altrimenti non avrebbero nessun senso.

27. — Soluzione col metodo delle funzioni impulsive. Ecco come queste nozioni si applicano al problema in discussione. Si prenda all'istante τ il sistema in stato di *quiete*, — cioè in stato tale che la variabile Y e tutte le sue derivate di qualunque ordine rispetto al tempo siano nulle nell'istante considerato. Si applichi allora una forza impressa impulsiva unitaria, cioè $F_u(t-\tau)$. Dalla equazione differenziale caratteristica del sistema il risultato immediato della

Digitized by Google

impulsione è direttamente evidente (1): nel tempuscolo in cui l'impulsione dura, la Y passerà dal valore 0 al valore 1. L'andamento successivo della funzione è allora dato dalla formola della variazione libera, in cui si faccia $t_0 = \tau$, $Y_0 = 1$. Per cui si ottiene:

$$\frac{1}{\Delta - \rho} F_u(t - \tau) = e^{\rho(t-\tau)}$$

formola valevole per qualunque valore di t successivo all'epoca τ.

Ora una funzione qualunque V del tempo può essere concepita come una somma d'infinite funzioni impulsive, d'intensità infinitesima, relative a tanti istanti successivi. E per la proprietà additiva (che è assicurata dalla linearità dell'equazione differenziale) gli effetti si sommano. Quindi:

$$\frac{1}{\Delta - \rho}(V) = \int^t \left[\frac{1}{\Delta - \rho} F_u(t - \tau)\right] V(\tau)\, d\tau$$

dove $V(\tau)$ rappresenta la stessa funzione V in cui la variabile indipendente sia denotata con τ anzichè con t; e sostituendo qui l'espressione già ottenuta, si ha:

$$\frac{1}{\Delta - \rho}(V) = \int^t e^{\rho(t-\tau)} V(\tau)\, d\tau$$

$$= e^{\rho t} \int^t \frac{V(\tau)}{e^{\rho\tau}}\, d\tau$$

e siccome il termine con t è stato portato fuori, non vi è più bi-

(1) Infatti l'equazione data è:

$$Y' - \rho Y = V$$

e integrando per la durata di un intervallo di tempo qualunque:

$$\int_{t_1}^{t_2} Y'dt - \rho \int_{t_1}^{t_2} Ydt = \int_{t_1}^{t_2} Vdt$$

Se l'intervallo si riduce a un tempuscolo infinitesimo, comprendente nel suo interno l'epoca τ, il primo integrale al primo membro si riduce alla differenza fra i valori della Y, alla fine e a principio dell'intervallo, il secondo integrale si annulla, e l'integrale a secondo membro, dato che $V = F_u(t - \tau)$, risulta uguale all'unità.

Digitized by Google

sogno di distinguere con una lettera diversa la variabile d'integrazione; quindi:

$$\frac{1}{\Delta - \rho}(V) = e^{\rho t} \int^{t} \frac{V}{e^{\rho t}} dt$$

Il limite inferiore dell'integrale resta indeterminato, il che equivale ad avere nella formola una costante arbitraria; ciò che è appunto richiesto dal fatto che l'operatore $\frac{1}{\Delta - \rho}$ è singolare. La costante arbitraria si può far figurare esplicitamente sotto forma di condizione iniziale, assegnando che la forza impressa V abbia agito a partire dall'epoca t_0, e che a quell'epoca fosse $Y = Y_0$. Allora il limite inferiore si può porre uguale a t_0, aggiungendo separatamente il termine che dà la variazione libera. Si ha perciò:

$$\frac{1}{\Delta - \rho}(V) = e^{\rho t} \int_{t_0}^{t} \frac{V}{e^{\rho t}} dt \quad + \quad Y_0 e^{\rho (t - t_0)}$$

e questa è la formola completa d'interpretazione del simbolo $\frac{1}{\Delta - \rho} V$. Dei due termini a secondo membro, il primo rappresenta la variazione impressa e il secondo lo stato residuo dovuto alle condizioni iniziali. E notiamo che la formola è sempre rigorosa e convergente, l'integrale avendo sempre un senso determinato, senza necessità che V sia continua nè che abbia comportamento analitico, purchè soddisfi alle condizioni già enunciate per le funzioni fisiche indipendenti.

***

28. — Formola delle variazioni definite. Fra tutte le diverse e ben note forme sotto cui si dà ordinariamente la soluzione dell'equazione $(\Delta - \rho)\, Y = V$ (cfr. anche Lord Rayleigh, *Theory of Sound*, vol. I), quella prescelta è la più atta a rappresentare in modo caratteristico la soluzione del problema elettrodinamico qui in discussione.

Ora trasformerò la posizione del problema, in modo che nella formola non rimanga più traccia delle condizioni iniziali. Basta a tal uopo far risalire l'istante iniziale t_0 fino a un'epoca infinitamente remota; cioè supporre che la funzione V sia conosciuta per la totalità del tempo già trascorso. Infatti, siccome ρ nel caso fisico è

Digitized by Google

sempre negativo $\left(\text{si aveva infatti } \rho = -\frac{r}{l}\right)$, il termine dello stato residuo, $Y_0 e^{\rho(t-t_0)}$, tende asintoticamente a zero quando $t - t_0$ cresce verso l'infinito positivo. Prendendo quindi $t_0 = -\infty$, il termine stesso sparisce, e rimane

$$\frac{1}{\Delta - \rho} V = e^{\rho t} \int_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{\rho t}} dt$$

Chiamerò questa la formola della *variazione definita;* anche questa, nei casi fisici, e sotto le ipotesi postulate per la funzione V, è sempre convergente. Le condizioni iniziali sono sostituite, nella formola stessa, dall'ipotesi fisicamente implicita, che per $t_0 = -\infty$ abbia Y_0 un valore non infinito. Nel calcolo della funzione dipendente Y entrano qui tutti i valori precedenti della funzione indipendente V, fino all'istante attuale t, ma nessuno dei valori susseguenti (principio di dipendenza e di successione). Questi caratteri distinguono la soluzione fisica dalla soluzione matematica di un problema: interpetrare fisicamente il simbolo $\frac{1}{\Delta - \rho}$ significa trovare non già l'integrale generale dell'equazione $(\Delta - \rho) Y = V$, ma bensì quel tale integrale che resta determinato in modo unico dalle condizioni del problema fisico proposto.

Osserverò nondimeno che siccome il problema di determinare la corrente in un circuito può essere formulato sotto una certa varietà di condizioni, così solamente nella formola completa, contenente il termine con lo stato residuo, si può trovare la risposta a tutti i quesiti fisicamente proponibili. Però siccome anche la formola completa può essere sempre, con maggiore o minore facilità, dedotta da quella definita, quest'ultima, come formola d'interpretazione, è teoricamente sufficiente.

L'avere eliminato le condizioni iniziali assicura il risultato che la legge additiva si può formulare direttamente e senza eccezioni.

29. — Proprietà di estinzione. Siccome questo modo di esprimere la soluzione sotto forma definita, per mezzo di un integrale esteso da $-\infty$ a t, è probabilmente nuovo, mi permetterò far riflettere il lettore sul significato fisico delle circostanze a cui la possibilità di una tale espressione è dovuta.

Si riconoscerà che queste circostanze non sono accidentali e che una simile possibilità matematica non è limitata al caso finora di-

Digitized by Google

scusso, ma che si connette a un principio fisico di portata assai generale.

Nel caso considerato, per trasformare la formola indefinita in formola definita è stato necessario constatare che il termine della variazione libera, cioè $Y_0 e^{\rho(t-t_0)}$ tendeva a zero per $t - t_0$ indefinitamente crescente; quindi constatare che ρ era negativo e diverso da zero; e siccome $\rho = -r/l$, questo fatto era assicurato dalla presenza in circuito di una resistenza r, che di fatto è necessariamente sempre positiva e diversa da zero. Quando $r = 0$, la formola definita non si ottiene. Ma il dire che $r > 0$ significa che il sistema è *dissipativo:* cioè che una qualunque corrente in circuito è accompagnata da una trasformazione *irreversibile* di energia in calore. In virtù di ciò, una qualunque variazione libera nel sistema è accompagnata da dissipazione di energia; e per effetto di questa dissipazione l'energia immagazzinata, che mantiene la variazione libera, decresce verso zero, ossia la variazione libera asintoticamente si estingue.

Considerata ora non più una resistenza induttiva, ma un sistema di carattere assolutamente generale, l'equazione che dà l'intensità di corrente si prenda sotto la forma

Variazione completa = *Variazione impressa* + *Stato residuo*

e la possibilità di trasformare questa in una formola definita dipenderà dalla condizione che lo stato residuo $\Theta(0)$, tenda a zero col decorso indefinito del tempo, qualunque siano state le condizioni iniziali. In altre parole, affinchè il problema di calcolare nel sistema l'andamento dei fenomeni, quando l'intera storia delle forze impresse nel passato è conosciuta, risulti determinato, è necessario e sufficiente che nessuno stato di variazione libera possa perpetuarsi nel sistema indefinitamente senza estinguersi; ciò che io denominerò *proprietà di estinzione.*

La proprietà di estinzione è dessa generale? Se non fosse così si avrebbe un « moto perpetuo elettrico », che il fisico non ha mai constatato in nessun circuito, come non ha mai constatato un moto perpetuo meccanico in nessun meccanismo.

Più in particolare, nei circuiti normali, la mancanza della proprietà di estinzione significherebbe impossibilità di equilibrio stabile; perchè le equazioni differenziali caratteristiche dei circuiti normali sono lineari, e quando si prende $V = 0$ non ammettono altra soluzione della forma $I =$ cost. se non la soluzione $I = 0$; il che vuol dire che i circuiti normali non ammettono altro stato di equi-

Digitized by Google

librio che non sia quello di quiete, il quale è unico. Ora non può esistere in fisica un sistema il quale non abbia almeno uno stato di equilibrio stabile. Dunque lo stato $I = 0$ è necessariamente stabile: il che non avverrebbe se potessero provocarsi variazioni libere non soggette a estinzione.

30. — Ma la proprietà di estinzione si può considerare anche nel suo fondamento termodinamico. In un sistema di circuiti elettrici, una variazione libera non soggetta a estinzione implicherebbe la possibilità che almeno in qualche circuito parziale del sistema una corrente elettrica potesse perpetuarsi illimitatamente con intensità sempre superiore a un certo valore finito e diverso da zero. Ma nei circuiti materiali non manca mai la proprietà dissipativa, determinata dalla resistenza, che è sempre positiva e diversa da zero. Quindi verrebbe come conseguenza la dissipazione di una quantità infinita di energia sotto forma di calore. E questo è impossibile, data l'ipotesi, fisicamente implicita, che all'epoca iniziale la quantità di energia immagazzinata nel sistema abbia un valore finito.

L'estinzione delle variazioni libere è dunque una conseguenza necessaria della proprietà dissipativa, comune a tutti i circuiti elettrici, ossia del principio il quale impone che in nessun circuito possa avvenire un fenomeno elettrico il quale non sia accompagnato da trasformazioni irreversibili di energia; e questo non è altro che il *secondo principio della Termodinamica,* formulato pei circuiti elettrici.

Formuliamo dunque, come conseguenza, sia dell'impossibilità del moto. perpetuo elettrico, sia della necessità dell'equilibrio elettrico stabile nei circuiti, sia del secondo principio della Termodinamica (postulati che tutti si equivalgono) il seguente:

PRINCIPIO DI ESTINZIONE: *In qualunque sistema di circuiti elettrici, qualunque stato di variazione libera tende asintoticamente verso lo stato di quiete col decorso indefinito del tempo.* In virtù di ciò, l'influenza delle condizioni iniziali sullo stato attuale è nulla quando l'epoca iniziale si sceglie infinitamente remota. Lo stato attuale resta univocamente determinato quando è data la storia delle forze impresse sul sistema per tutto il decorso del tempo passato.

La formola che deve esprimere questa dipendenza è la formola delle variazioni definite.

31. — **Grado di stabilità.** Nella determinazione della variazione definita, il tener conto della storia delle forze impresse per tutto il tempo passato può sembrare in pratica una condizione talvolta impossibile a realizzare.

Digitized by Google

Nel fatto invece non è così. Quando nel caso della resistenza induttiva diciamo teoricamente che, in seguito ad essere $r > 0$, risulta anche $\rho < 0$, e quindi che il termine della variazione libera si annulla prendendo $t - t_0 = +\infty$, praticamente poi dobbiamo aggiungere questo: che in seguito ad essere r sempre molto grande in confronto al valore di l, (quando siano espressi questi due valori in unità pratiche, cioè ohm e henry rispettivamente) risulta anche ρ molto diverso da zero, e quindi (ritenuto che nello stato iniziale Y_0 non possa oltrepassare un certo ordine di grandezza dato) il termine della variazione libera diviene trascurabile non appena $t - t_0$ raggiunge un certo valore. Basta quindi in pratica risalire, non già a $t_0 = -\infty$, ma ad un'epoca di ben poco anteriore all'epoca attuale per poter applicare la formola della variazione definita.

Quale valore minimo si debba effettivamente assegnare a $t - t_0$, per assicurare che $\Theta(0)$ risulti trascurabile, è cosa che dipende dal valore di ρ; si osserverà che ρ ha le dimensioni inverse di un tempo, e che precisamente $\frac{1}{\rho}$ determina l'ordine di grandezza del tempo col decorso del quale le variazioni libere praticamente si estinguono. Onde l'importanza di considerare questo coefficiente.

Si dà generalmente a ρ il nome di *caratteristica fondamentale* del circuito; preso col segno opposto, si può anche considerarlo come misura del *grado di stabilità* del circuito stesso.

Se fosse $\rho > 0$, le variazioni libere, le quali contengono sempre $e^{\rho t}$ come coefficiente, sarebbero indefinitamente crescenti; quindi il circuito, deviato dallo stato di quiete elettrica, se ne allontanerebbe sempre più, vale a dire che l'equilibrio sarebbe instabile. Il caso di $\rho = 0$ corrisponderebbe a equilibrio indifferente. Nei casi fisici, invece la stabilità è assicurata dal segno negativo di ρ: e quanto più ρ è lontano da zero, tanto più l'estinzione delle variazioni libere è pronta, e tanto più lo stato di equilibrio si allontana dal caso limite di equilibrio indifferente, cioè tanto maggiore è la stabilità.

Quando infine $\rho = -\infty$, l'estinzione delle variazioni libere è immediata: si può dire allora che l'equilibrio del sistema è infinitamente stabile; questo caso è verificato dai conduttori privi d'induttanza.

Ricorderò che nella maggior parte delle combinazioni di resistenze e induttanze che si possono incontrare in pratica, ρ ha tal valore che la sua inversa $\frac{1}{\rho}$, o costante di tempo del circuito, è uguale a una frazione piccola di secondo.

Digitized by Google

I principî messi in rilievo nella discussione dei casi elementari che ci hanno occupato sino a questo punto servono di guida nello studio di tutte le combinazioni di circuiti che dobbiamo trattare di qui in poi.

***

32. — Resistenza e capacità in serie. Le resistenze funzionali dei due circuiti in serie si sommano come se fossero resistenze ordinarie. La conduttanza funzionale risultante è data quindi da

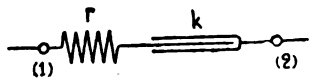


Fig. 10.

$$\Theta = \frac{1}{\sum \frac{1}{\Theta}} = \frac{1}{r + \frac{1}{k\Delta}} = k\,\frac{\Delta}{1 + rk\Delta}$$

Questo simbolo s'interpetra osservando che

$$\frac{\Delta}{\Delta - \rho} V = \Delta\left(\frac{1}{\Delta - \rho} V\right)$$

ovvero applicando la formola:

$$\frac{\Delta}{\Delta - \rho} = 1 + \frac{\rho}{\Delta - \rho}$$

e nell'un modo o nell'altro l'interpretazione è ridotta a quella di simboli già conosciuti.

33. — Resistenze induttive in parallelo. Dato un numero qualunque di resistenze induttive in parallelo, la conduttanza funzionale del sistema è la somma delle conduttanze funzionali singole. Ovvero:

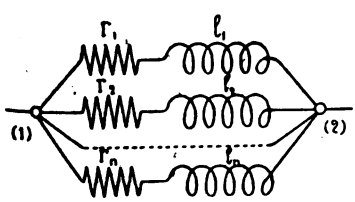


Fig. 11.

$$\Theta = \sum_n \Theta_n = \sum_n \frac{1}{r_n + l_n\Delta}$$

Le frazioni simboliche $\frac{1}{r + l\Delta}$ si sommano come se Δ fosse una quantità ordinaria; e si ottiene il risultato sotto la forma:

$$\Theta = \frac{p_0 + p_1\Delta + \ldots + p_{n-1}\Delta^{n-1}}{q_0 + q_1\Delta + \ldots + q_n\Delta^n} = \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$$

dove P^{n-1}, Q^n, denotano due polinomi in Δ, di grado $n-1$ ed n rispettivamente. Se le caratteristiche $\rho = -\frac{r}{l}$ di tutti i circuiti sono

Digitized by Google

diverse, n è uguale al numero totale dei circuiti derivati; ma se vi sono più circuiti con la stessa caratteristica, questi si comportano come un circuito solo, e allora n è uguale al numero dei circuiti irreducibili, cioè di quelli che hanno caratteristiche differenti. Si osserverà che tanto il polinomio P^{n-1} quanto il polinomio Q^n hanno i coefficienti tutti positivi e diversi da zero; solamente nel caso limite in cui una delle l è nulla (fisicamente realizzabile solo per approssimazione), allora il coefficiente del più alto termine in Q^n si annulla, e la frazione si riduce a

$$\Theta = \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^{n-1}(\Delta)}$$

come caso particolare. Nessun altro caso di riduzione è possibile.

Cerchiamo ora l'interpretazione di

$$I = \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)} V$$

Si ottiene questa prendendo Θ nella sua prima forma, come una somma di frazioni semplici:

$$I = \sum \frac{1}{r_n + l_n \Delta} V = \sum \frac{\alpha_n}{\Delta - \rho_n} V$$

Qui ogni singolo termine si sa interpetrare. La formola indefinita per la variazione libera risulta:

$$\frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)}(0) = \sum \frac{\alpha_n}{\Delta - \rho_n}(0) = \sum C_n e^{\rho_n t}$$

e la formola definita per la intensità di corrente totale dovuta al voltaggio V:

$$I = \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)} V = \sum \frac{\alpha_n}{\Delta - \rho_n} V = \sum \alpha_n e^{\rho_n t} \int_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{\rho_n t}} dt$$

Di qui si apprende: che il sistema possiede n caratteristiche fondamentali, cioè tante quanti sono i circuiti irreducibili derivati; inoltre, che queste caratteristiche sono tutte reali, negative e diverse da zero, e che sono uguali precisamente alle radici dell'equazione $Q^n(\Delta) = 0$, considerata come se fosse un'equazione nell'incognita Δ. Si dirà dunque che, dato l'operatore $\Theta = \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$, le radici del denominatore sono le caratteristiche fondamentali del sistema;

Digitized by Google

da queste esclusivamente dipende la legge delle variazioni libere. Se le caratteristiche sono n, il sistema è capace di n variazioni libere differenti: per definire uno stato iniziale non basta una sola condizione, ne occorrono n; per esempio, si può dare ad arbitrio i valori di I_0, I'_0, I''_0, ... e così sino alla $(n-1)$-esima derivata, e allora lo stato del sistema resta determinato. L'operatore Θ è dunque tante volte singolare quanto è il grado del suo denominatore.

Per la prima volta si vede così come dalla espressione simbolica di un operatore Θ si possono discutere le proprietà di un sistema direttamente: ed è questo il lato più importante e più caratteristico del metodo simbolico.

34. — È interessante applicare il metodo simbolico per rispondere alla dimanda se un sistema di circuiti derivati si possa sostituire con un circuito solo, formato con una r e una l in serie. Affinchè i due circuiti si equivalessero dovrebbero essere identiche termine a termine le espressioni delle rispettive induttanze funzionali; cioè dovrebbe essere:

$$\frac{1}{r+l\Delta} = \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)} = \sum \frac{1}{r_n + l_n \Delta}$$

e questo è solamente possibile quando

$$\frac{r_1}{l_1} = \frac{r_2}{l_2} = \frac{r_3}{l_3} = \dots$$

cioè quando tutti i rami derivati hanno la stessa caratteristica fondamentale, ovvero il numero dei circuiti irreducibili si riduce a uno. Salvo questo caso eccezionale, non esistono una resistenza equivalente e una induttanza equivalente del sistema, per le correnti variabili [1]; risultato del resto facilmente prevedibile.

Sulla teoria dei circuiti derivati sarebbe possibile col metodo simbolico proporre e risolvere sin da ora anche questioni meno semplici; ma alcune di esse verranno come applicazione delle formole più generali che si dovranno ricavare di qui a poco; della discussione di altre lascio l'iniziativa al lettore. Intanto dal caso trattato farò rilevare che l'interpetrazione del simbolo $\frac{P(\Delta)}{Q(\Delta)}$ è stata ottenuta prendendolo sotto la forma $\sum \frac{\alpha}{\Delta - \rho}$, cioè sostituendo la frazione

[1] V. anche a questo proposito le due memorie del prof. Garbasso, negli *Atti* di questa Associazione, vol. VI, pag. 131 e 425.

Digitized by Google

con una somma di frazioni semplici. Ma dai principî dell'algebra è noto che una qualunque frazione razionale può essere decomposta in frazioni semplici. Questo suggerisce il modo di ottenere l'interpetrazione di un simbolo della forma $\frac{P(\Delta)}{Q(\Delta)}$, a coefficienti qualunque, decomponendolo appunto con tale procedimento.

In analisi pura, un tale metodo d'interpetrazione è già noto. Dagli esempi che seguono, il lettore vedrà come si possa applicarlo nelle ricerche di elettrodinamica.

***

35. — Resistenza, induttanza e capacità in serie. Anche la teoria di questa combinazione di circuiti è certamente familiare al lettore. Sviluppiamola col metodo simbolico.

La resistenza funzionale del sistema essendo la somma delle resistenze funzionali componenti, si ha:

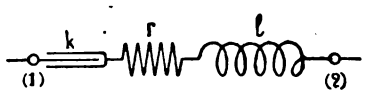


Fig. 12.

$$\Theta = \frac{1}{\sum \frac{1}{\Theta}} = \frac{1}{r + l\Delta + \frac{1}{k\Delta}} = \frac{k\Delta}{1 + kr\Delta + kl\Delta^2}$$

È questo un operatore della forma $\Theta = \frac{P(\Delta)}{Q(\Delta)}$. Per decomporlo in frazioni semplici, si cercano le radici del denominatore (considerato come se Δ invece che un simbolo fosse un'incognita numerica); queste radici sono:

$$\rho = -\frac{r}{2l} \pm \sqrt{\frac{r^2}{4l^2} - \frac{1}{kl}}$$

Dato che r, l, k possono avere qualunque valore positivo, tre casi sono possibili.

36. — PRIMO CASO. Radici reali e distinte $\left(\text{se } r^2 > 4\frac{l}{k}\right)$, necessariamente negative e diverse da zero.

In questo caso si pone:

$$\Theta = \frac{\alpha_1}{\Delta - \rho_1} + \frac{\alpha_2}{\Delta - \rho_2}$$

dove ρ_1, ρ_2 sono le due radici; i coefficienti α_1, α_2, si determinano comparando le due espressioni di Θ $\left(\text{e si ottiene } \alpha_1 = \frac{\rho_1}{l(\rho_1 - \rho_2)}\right)$;

Digitized by Google

$\alpha_2 = \frac{\rho_2}{l(\rho_2 - \rho_1)}\Big)$. Allora si ha la formola indeterminata per la variazione libera

$$\Theta(0) = C_1 e^{\rho_1 t} + C_2 e^{\rho_2 t}$$

e la formola determinata per le variazioni definite:

$$\Theta V = \alpha_1 e^{\rho_1 t} \int_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{\rho_1 t}} dt + \alpha_2 e^{\rho_2 t} \int_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{\rho_2 t}} dt$$

I termini esponenziali della variazione libera sono in valore assoluto uniformemente decrescenti come nei casi già trattati; lo stato residuo può essere sempre decrescente, oppure prima crescente e poi decrescente, secondo i segni delle C; ma in ogni caso tende verso zero per $t = \infty$, e non ha carattere oscillatorio (vedi figura 13): prevale cioè l'effetto della resistenza su quello della induttanza e capacità combinate. Il sistema si può anche sostituire con due resistenze induttive in parallelo, e la formola che dà lo sviluppo di Θ ne determina i valori.

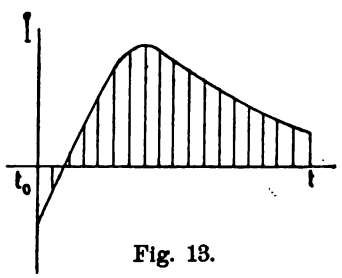


Fig. 13.

37. — SECONDO CASO. Radici reali e uguali $\left((\text{se } r^2 = 4\frac{l}{k}\right)$; necessariamente negative e diverse da zero.

In questo caso singolare, la decomposizione in due frazioni è impossibile; ma si scrive:

$$\Theta = \frac{\alpha\Delta}{(\Delta - \rho)^2}$$

dove $\alpha = \frac{1}{l}$; $\rho = -\frac{r}{l}$. Questo è il simbolo di un'equazione differenziale il cui integrale è noto per altre vie (1); tenendone conto, si arriva, nel caso attuale, ai seguenti risultati che riferisco senza dedurli.

L'equazione della variazione libera assume la forma singolare:

$$\Theta(0) = (C_0 + C_1 t) e^{\rho t}$$

Qui la comparsa del termine che contiene t come fattore modifica

(1) V. FORSYTH, *Trattato sulle equazioni differenziali*, cap. III.

Digitized by Google

la forma ma non l'andamento della funzione: il primo termine è sempre decrescente in valore assoluto, il secondo può essere prima crescente e poi decrescente; quindi a seconda dei valori attribuiti alle C si possono presentare diverse combinazioni. Ma in ogni caso l'andamento ultimo della funzione è uniformemente decrescente (vedi fig. 14). — La formola della variazione definita si ottiene tenendo conto che

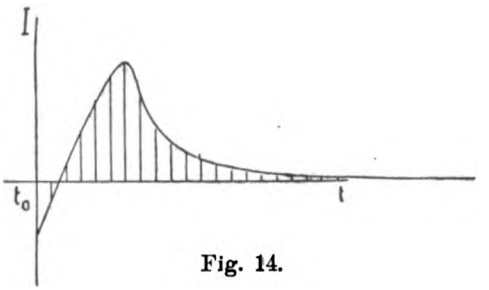


Fig. 14.

$$\frac{\Delta}{(\Delta-\rho)^2}=\frac{\rho}{(\Delta-\rho)^2}+\frac{1}{\Delta-\rho}$$

e applicando la formola seguente, che il lettore può dimostrare verificandola direttamente:

$$\frac{1}{(\Delta-\rho)^2}\,V=e^{\rho t}\int_{-\infty}^{t}\int^{t}\frac{V}{e^{\rho t}}\,dt^2$$

(i limiti $-\infty$ e t intendendosi comuni pei due integrali) e che è notevole per l'apparizione del doppio integrale. Anche questo integrale è sempre convergente, semprechè V sia funzione fisica.

38. — TERZO CASO. Radici complesse e coniugate $\left(\text{se } r^2<4\,\frac{l}{k}\right)$; con la parte reale necessariamente negativa.

Valgono allora le formole stesse del primo caso, solo che gli esponenti sono complessi invece che reali. Questo, naturalmente, non porta per conseguenza che il risultato sia immaginario, ma bensì che le funzioni esponenziali divengono oscillanti.

Posto infatti $\rho=\theta\pm i\omega$, dove $i=\sqrt{-1}$, i simboli immaginari si fanno sparire riducendo il risultato alla forma

$$\Theta(0)=e^{\theta t}\,(C_1\cos\omega t+C_2\,\text{sen}\,\omega t)$$

La quantità fra parentesi è una funzione sinusoidale che ha per periodo $\omega=\sqrt{\frac{1}{kl}-\frac{r^2}{4l^2}}$; il moltiplicatore è una funzione in valore assoluto sempre decrescente. In altre parole, la variazione libera si può descrivere (vedi fig. 15) come una funzione alternante la cui

Digitized by Google

ampiezza decresca col tempo secondo la ragione logaritmica θ. Il limite ultimo di $\Theta(0)$ per $t = +\infty$ è sempre zero, perchè θ è negativo; ma a questo limite la funzione si accosta attraverso un numero infinito di cambiamenti di segno.

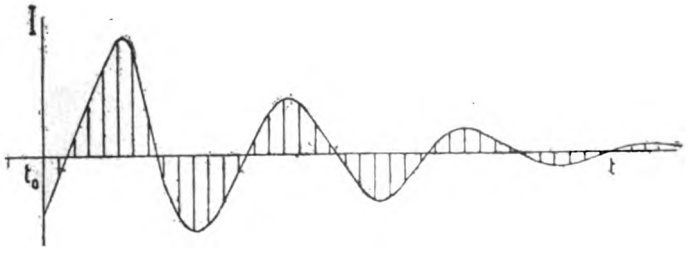


Fig. 15.

Invece di definire il sistema con le due caratteristiche complesse ρ_1 e ρ_2, si può dare la comune parte reale θ che determina la legge del decremento, e il valore assoluto ω della parte immaginaria, che determina il periodo d'oscillazione.

Ma osserverò che questa trasformazione di esponenziali complessi in funzioni trigonometriche reali può essere utile solamente quando si deve procedere al calcolo numerico effettivo. Nel calcolo analitico essa complica le formole senza profitto. Quindi mi basterà averla appena ricordata. In tutto il corso del presente lavoro dovrò fare continuo uso di esponenziali ad esponente immaginario; ma contrariamente all'uso più comune non li sostituirò mai con gli sviluppi trigonometrici corrispondenti.

Così anche in questo terzo caso non ho che a ripetere la formola della variazione definita, nella stessa forma già data pel caso primo:

$$\Theta V = \alpha_1 e^{\rho_1 t} \int_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{\rho_1 t}}\, dt + \alpha_2 e^{\rho_2 t} \int_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{\rho_2 t}}\, dt$$

e il lettore può trasformarla, se crede, con la sostituzione $\rho = \theta \pm i\omega$.

39. — In ognuno dei tre casi a cui dà luogo la combinazione r, l, k, si è constatato che, come vuole il principio di estinzione, la funzione $\Theta(0)$ tende sempre a zero per $t = +\infty$, e che quindi è possibile sempre trasformare la formola della variazione completa in una formola di variazione definita. Questo risultato, quando le caratteristiche ρ sono reali, è assicurato dal fatto che sono entrambe negative, e quando le ρ sono complesse coniugate è assicurato dal

Digitized by Google

fatto che è negativa la loro comune parte reale θ. L'uno e l'altro caso si possono riunire sotto un enunciato unico: s'immagini, per fissare le idee, tutti i possibili valori reali e complessi di ρ rappresentati nel solito *piano complesso* di Gauss, cioè rappresentati con un punto che abbia la parte reale come ascissa e quella immaginaria come ordinata; e si dirà allora che in ogni caso la condizione di estinzione, o condizione di equilibrio stabile è assicurata ogni qual volta i valori di ρ cadono nel *semipiano negativo* (cioè nel semipiano che sta a sinistra dell'asse immaginario, i punti dell'asse medesimo essendo esclusi).

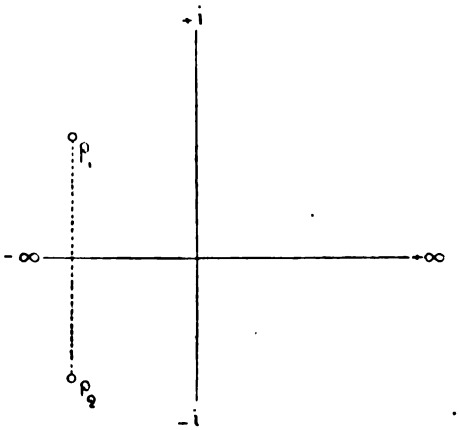


Fig. 16.

Valori di ρ sull'asse immaginario darebbero funzioni alternanti senza estinzione, e valori nel semipiano positivo darebbero oscillazioni di ampiezza indefinitamente crescente, cioè instabilità di equilibrio. Queste due ipotesi sono fisicamente irrealizzabili.

Ora non si dimenticherà che le caratteristiche ρ sono le radici del denominatore di Θ; cioè sono quei valori numerici i quali sostituiti in luogo di Δ nell'espressione $\Theta = f(\Delta)$, rendono questa espressione infinita. Nel linguaggio usuale della teoria delle funzioni, questi si chiamano i *poli* della funzione $f(\Delta)$. Diremo dunque che *la stabilità dell'equilibrio dipende dalla condizione che i poli della* $f(\Delta)$ *cadano nel semipiano negativo;* condizione che è verificata in tutti i casi fisicamente realizzabili.

Si generalizzerà presto questo risultato estendendolo alla teoria di un sistema qualunque di circuiti.

40. — Prima di lasciare la discussione dei circuiti con r, l, k, farò rilevare al lettore come dall'espressione simbolica di Θ risulta evidente che un'induttanza e una capacità non si possono mai compensare fra loro, rispetto a correnti variabili di forma qualunque. I noti casi pratici di compensazione sono relativi a correnti alternanti semplici di frequenza prestabilita; la compensazione sparisce quando la corrente cambia forma o frequenza. Questo fatto rese vani gli ingegnosi tentativi di Stanley per assorbire, con l'aggiunta di condensatori, le correnti reattive nei motori monofasi per trazione elettrica.

Digitized by Google

Lascio poi al lettore la discussione, col metodo simbolico, della funzione $q = \int I dt$ (quantità d'elettricità), deducendola direttamente dalla V, anzichè dalla I; questa discussione lo condurrà a qualche risultato rimarchevole, che non avrò altrove occasione di ricavare.

Passo ora all'esame di alcune combinazioni di resistenze, induttanze e capacità, meno semplici di quelle considerate. In tutte queste combinazioni risulterà sempre l'operatore Θ sotto la forma $\frac{P(\Delta)}{Q(\Delta)}$. L'interpretazione di questi simboli in generale dovrà essere discussa partitamente a principio della parte III di questo lavoro; mi limiterò quindi, negli esempi che seguono, a riportare semplicemente l'espressione simbolica di Θ, senza formole d'interpetrazione.

***

41. — Resistenza induttiva, con capacità in parallelo. Combinando sempre le singole conduttanze funzionali, come se fossero conduttanze ohmiche, si ottiene la conduttanza del circuito

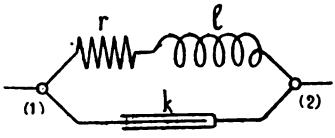


Fig. 17.

$$\Theta = k\Delta + \frac{1}{r + l\Delta} = \frac{1 + kr\Delta + kl\Delta^2}{r + l\Delta}$$

Questa combinazione di circuiti rientra nella categoria di quelle non realizzabili con esattezza, perchè la capacità non si può scompagnare da una resistenza. Nelle combinazioni fisicamente realizzabili si vedrà che il numeratore di Θ non è mai di grado superiore al denominatore.

42. — Resistenza induttiva, con capacità e resistenza in parallelo. Si ottiene in questo caso:

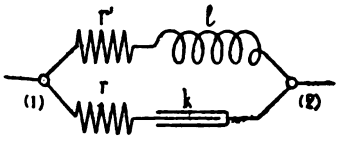


Fig. 18.

$$\Theta = \frac{k\Delta}{1 + kr\Delta} + \frac{1}{r' + l\Delta} = \frac{1 + (r' + r)k\Delta + kl\Delta^2}{r' + (krr' + l)\Delta + klr\Delta^2}.$$

Una riduzione è possibile nel caso particolare $kr = l/r'$. Risulta allora:

$$\Theta = \frac{kr/l + k\Delta}{1 + kr\Delta}$$

Digitized by Google

43. — Serie di condensatori shuntati. Anche questa combinazione non è fisicamente realizzabile da sola; essa dà luogo a problemi re-

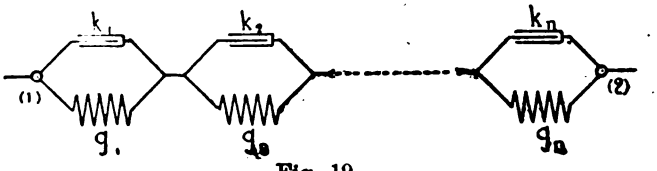


Fig. 19.

ciproci a quelli sui circuiti derivati. La conduttanza funzionale si ottiene sotto la forma:

$$\Theta = \frac{1}{\sum \frac{1}{\Theta}} = \frac{1}{\sum \frac{1}{g + k\Delta}} = \frac{P^n(\Delta)}{Q^{n-1}(\Delta)}$$

dove n è il numero degli elementi che hanno una costante fondamentale g/k differente.

***

44. — Ricerca dei circuiti fondamentali completi. In tutti i circuiti finora descritti come fisicamente non realizzabili, il carattere anormale è rivelato dalla forma che assume l'operatore Θ e dalle conseguenti ambiguità nelle formole d'interpetrazione. Ma il dire « circuiti non realizzabili » non significa già che fisicamente non possano esistere, significa che in fatto si presentano solo come parte inseparabile di sistemi più completi.

Questa riflessione suggerisce la seguente ricerca. A quali più semplici combinazioni può ridursi un circuito capace di esistere da solo? Enumerate che siano tutte queste diverse combinazioni o *circuiti fondamentali completi,* si potrà descrivere il sistema complesso il più generale, capace di esistenza fisica effettiva, formandolo come una rete con qualunque numero dei circuiti medesimi come lati.

Nella realtà fisica, in ogni circuito, anzi in ogni porzione di circuito, non mancano mai una resistenza e una induttanza, entrambe positive. Solo la seconda, ma non mai la prima, può essere in certi problemi (correnti lentamente variabili) trascurata per approssimazione.

Alle resistenze e alle induttanze si possono poi aggiungere le capacità. Ora, le capacità effettivamente realizzabili sono sempre accompagnate da disperdimento, perchè nessun condensatore può essere isolato in modo perfetto. Ma il disperdimento può essere molto piccolo, e in gran numero di casi (correnti rapidamente variabili)

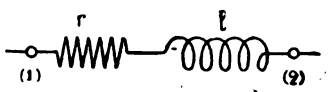
Digitized by Google

si può trascurarlo con errore ancor minore di quello che si commette trascurando le induttanze.

Queste osservazioni inducono a considerare, oltre ai circuiti realizzabili con esattezza, anche una categoria di circuiti realizzabili per approssimazione; in questi ultimi l'approssimazione sarà di diverso ordine, secondo che proviene dal trascurare disperdimenti, ovvero induttanze, ovvero infine disperdimenti e induttanze insieme.

45. — Circuiti fondamentali esatti. Il più semplice circuito esatto possibile è una resistenza induttiva. Il più generale si ottiene aggiungendo una capacità; questa dovrà essere accompagnata da resistenza e induttanza, e fra i poli del sistema si dovrà aggiungere un circuito di disperdimento, che non può a meno di contenere una induttanza esso pure.

Ogni altro circuito esatto immaginabile è una combinazione di questi due. I seguenti ne sono gli schemi e i rispettivi operatori Θ:



$$\Theta = \frac{1}{r + l\Delta}$$

Fig. 20.

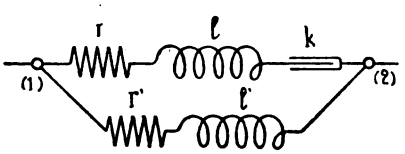


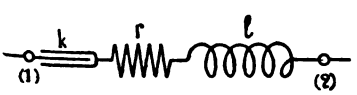
Fig. 21.

$$\Theta = \frac{1 + k(r + r')\Delta + k(l + l'r')\Delta^2}{r' + (krr' + l')\Delta + k(l'r + lr')\Delta^2 + kll'\Delta^3}$$

Nell'uno e nell'altro caso, l'operatore Θ è della forma $\frac{P^{n-1}}{Q^n}$.

46. — Circuiti fondamentali approssimativi.

(1) Trascurando il disperdimento, si ha il circuito seguente:



$$\Theta = \frac{k\Delta}{1 + kr\Delta + kl\Delta^2}$$

Fig. 22.

Digitized by Google

(2) Trascurando l'induttanza:

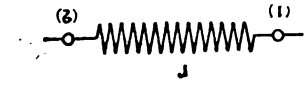


Fig. 23.

$$\Theta = \frac{1}{r}$$

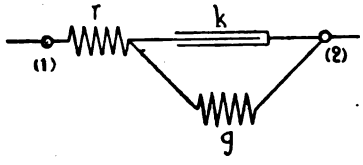


Fig. 24.

$$\Theta = \frac{gr + kr\Delta}{g + r + k\Delta}$$

(3) Trascurando disperdimento e induttanza:

Fig. 25.

$$\Theta = \frac{k\Delta}{1 + kr\Delta}$$

e nei casi (2) e (3) gli operatori risultano della forma $\frac{P^n}{Q^n}$, che pei circuiti esatti non si presenta mai.

Si rileverà che in tutti i circuiti elementari, esatti o approssimati, il denominatore Q^n è un polinomio a coefficienti positivi, e le sue radici ρ cadono sempre nel semipiano negativo.

Digitized by Google

PARTE TERZA.

TEORIA DELLE RETI.

47. — Il presente capitolo è dedicato alla teoria delle *reti* di circuiti elementari, ossia dai sistemi più generali che risultano combinando insieme un numero qualunque *finito* di circuiti con resistenze, induttanze e capacità. Sistemi così composti danno sempre luogo a operatori funzionali della forma $\frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$; la discussione e la interpetrazione di questi operatori dovrà perciò qui formare il primo oggetto di studio. Farà seguito la ricerca delle correnti variabili in una rete qualunque, sottoposta prima a una f. e. m. unica, poi a un sistema di f. e. m.; indi, i problemi reciproci, e i problemi più generali in cui si ricerca di calcolare le differenze di potenziale e le intensità di corrente in una rete, quando è dato, in una forma qualunque, un numero di condizioni sufficienti per determinarle.

Queste ricerche condurranno a generalizzare i concetti di conduttanza e di resistenza funzionale, introducendo la definizione di nuovi operatori elettrodinamici in cui anche quelli finora considerati rientrano tutti come casi particolari; e una generalizzazione siffatta prepara la via per lo studio simbolico dei fenomeni elettromagnetici nei sistemi continui.

Con questo la teoria delle reti con resistenze, induttanze semplici e capacità sarà esaurita. Ma un ultimo paragrafo sarà dedicato al caso più generale, in cui intervengono induzioni mutue fra lato e lato di una rete, e che si può far rientrare nel quadro della stessa teoria, senza introdurre ulteriori complicazioni nel metodo.

***

48. — **Interpetrazione del simbolo $\Theta = \frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$ in generale.** Data la formola simbolica

$$Y = \Theta V$$

dove

$$\Theta = \frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)} = \frac{p_0 + p_1\Delta + \ldots + p_m\Delta^m}{q_0 + q_1\Delta + \ldots + q_n\Delta^n}$$

(i coefficienti p, q, essendo sempre tutti costanti, e i numeri m, n

Digitized by Google

interi positivi finiti), il significato letterale della medesima sarebbe che Y è soluzione della seguente equazione differenziale di grado n:

$$(q_0 + q_1 \Delta + \dots q_n \Delta^n)\, Y = (p_0 + p_1 \Delta + \dots + p_m \Delta^m)\, V$$

a cui si intendono aggiunte le condizioni fisiche speciali necessarie per determinare la soluzione univocamente. La forma dell'equazione e la natura delle condizioni che si presentano nelle ricerche fisiche sono tali che la possibilità di operare sui simboli $\frac{P(\Delta)}{Q(\Delta)}$ con gli stessi procedimenti come se Δ fosse una quantità ordinaria resta provata in generale: il lettore, se crede, può supplire la dimostrazione particolareggiata di questo teorema, e in esso troverà anche la giustificazione rigorosa di tutti i procedimenti simbolici applicati nel capitolo precedente.

Per l'integrazione effettiva dell'equazione proposta (equazione lineare generale e coefficienti costanti), il metodo più semplice, anche in analisi pura, è appunto quello simbolico [1]; ma specialmente è opportuno questo metodo di soluzione quando si tratta di ricerche fisiche in cui le condizioni accessorie e il carattere univoco delle soluzioni permettono di applicare il principio ora enunciato senza eccezione. Il risultato si può allora ottenere mediante formole che sono valide anche nei casi in cui, per la non derivabilità della funzione V, l'equazione differenziale non si potrebbe scrivere nella sua forma originaria senza perdere apparentemente il significato.

49. — Il metodo che si deve applicare è quello già menzionato nel capitolo precedente, che si fonde sulla decomposizione della frazione $\frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$ in una somma di frazioni semplici. Due casi sono da distinguere

Primo caso: $m \geq n$.

Si effettua in questo caso la divisione dei due polinomi, ottenendo

$$\frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)} = S(\Delta) + \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$$

dove S indica un polinomio di grado $(m - n)$. E siccome l'interpre-

[1] Vedi FORSYTH, *Trattato sulle equazioni differenziali*, cap. III.

Digitized by Google

tazione del simbolo $S(\Delta)$ è nota, la discussione si riduce a quella del caso seguente:

Secondo caso: $: m < n$.

Si ricercano le radici dell'equazione

$$Q^n(\Delta) = 0$$

considerata come se fosse un'equazione in un'incognita numerica Δ. Siano $\rho_1 \dots \rho_n$ queste radici, e supponiamo per la maggior generalità che fra questi valori ve ne siano n_1 distinti, n_2 ripetuti due volte, $\dots n_p$ ripetuti p volte (con la relazione $n_1 + n_2 + - - + n_p = n$). Si pone allora

$$\frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)} = \sum_{s=1}^{s=n_1} \frac{\alpha_s}{\Delta - \rho_s} + \sum_{s=1}^{s=n_2} \frac{\beta_s}{(\Delta - \rho_s)^2} + \sum_{s=1}^{s=n_3} \frac{\gamma_s}{(\Delta - \rho_s)^3} + \dots + \sum_{s=1}^{s=n_p} \frac{\lambda^s}{(\Delta - \rho_s)^p}$$

(in tutto n termini)

dove i coefficienti α, β, $\gamma \dots$, in numero totale di n, sono da determinare confrontando le due espressioni. Si dice allora di aver decomposto Θ in frazioni semplici (1).

Ottenuto questo, si procede alla valutazione termine a termine.

50. — Il termine generale dell'espressione scrittta s'interpetra applicando la formola:

$$\frac{1}{(\Delta - \rho)^n}(V) = e^{\rho t} \iint \dots \int \frac{V}{e^{\rho t}} dt^n + (C_0 + C_1 t + \dots C_{n-1} t^{n-1}) e^{\rho t}$$

la cui validità il lettore può dimostrare verificandola direttamente. Il primo termine a secondo membro rappresenta una variazione impressa, e il secondo termine una variazione libera, con C_0, $C_1 \dots C_n$ costanti arbitrarie.

---

(1) **Il procedimento è quello stesso che s'insegna in algebra per la decomposizione di una frazione razionale $\frac{P(x)}{Q(x)}$ in frazioni semplici. (V. CAPELLI, *Analisi algebrica*).**

Digitized by Google

Sostituendo nell'espressione di Θ si ottiene la formola generale:

$$\frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)}(V) = [S(\Delta) \,.\, V] +$$

$$+ \sum_{s=1}^{s=n_1} \alpha_s e^{\rho_s t} \int \frac{V}{e^{\rho_s t}} dt + \sum_{s=1}^{s=n_1} C_{0s} e^{\rho_s t} +$$

$$+ \sum_{s=1}^{s=n_2} \beta_s e^{\rho_s t} \int\int \frac{V}{e^{\rho_s t}} dt^2 + \sum_{s=1}^{s=n_2} C_{1s} t e^{\rho_s t} +$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$+ \sum_{s=1}^{s=n_p} \lambda_s e^{\rho_s t} \int\int \cdots \int \frac{V}{e^{\rho_s t}} dt^p + \sum_{s=1}^{s=n_p} C_{ps} t^{p-1} e^{\rho_s t}$$

dove: il termine fra parentesi quadre, aggiunto per generalità, corrisponde al primo caso considerato, in cui $m \geq n$; i termini della prima riga successiva corrispondono alle ρ semplici, quelli della seconda riga alle ρ doppie, e così via. In ogni riga, la sommatoria a sinistra dà una variazione impressa, le sommatorie a destra, con le costanti indeterminate C, una variazione libera; e sviluppando il termine $S(\Delta)$ e tutte le sommatorie, figurano nel risultato $m+1$ termini di variazione impressa e n termini di variazione libera, con n costanti indeterminate, in tutto.

51. — Discussione del risultato. Il carattere delle variazioni libere dipende esclusivamente dai valori di ρ; questi sono le radici del denominatore Q, cioè i *poli* della funzione $f(\Delta) = \frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$, considerata come se Δ fosse una variabile; con l'avvertenza che i poli di valore infinito, se ve ne sono (caso $m > n$, donde il termine S) non influiscono sul risultato. Indicherò i valori medesimi (quelli finiti) col nome di *caratteristiche fondamentali* dell'operatore Θ, o del sistema da esso rappresentato.

Un operatore ha dunque in tutto n caratteristiche (distinte o no), tante quanto è il grado del suo denominatore. Queste caratteristiche possono essere reali, immaginarie coniugate, o complesse coniugate, e le corrispondenti variazioni libere risultano come segue:

(1) Le ρ reali danno termini il cui andamento ultimo (per $t = +\infty$) è indefinitamente crescente o decrescente secondo che $\rho > 0$, ovvero $\rho < 0$.

(2) Le ρ immaginarie pure ($= \pm i\omega$) danno termini oscillanti, che si annullano periodicamente con frequenza angolare ω, e la cui ampiezza d'oscillazione può essere ultimamente stazionaria o indefinitamente crescente, dipendendo dai valori attribuiti alle costanti indeterminate.

Digitized by Google

(3) Le ρ complesse ($= \theta \pm i\omega$) danno termini oscillanti e con annullamento periodico, come sopra, ma la cui ampiezza d'oscillazione, nell'andamento ultimo della funzione, risulta indefinitamente crescente o decrescente, secondo che $\theta > 0$, ovvero $\theta < 0$.

Riassumendo: il sistema rappresentato da Θ è suscettibile di n tipi di variazioni libere diverse, cioè tanti quante sono in tutto le ρ. La possibilità di variazioni oscillatorie, e la frequenza delle medesime, dipendono dalla parte immaginaria delle rispettive ρ. La *stabilità* del sistema, rispetto ai diversi tipi di variazioni dipende dalla parte reale delle ρ medesime. *Affinchè un sistema sia stabile, devono tutti i poli della funzione* $f(\Delta)$ *cadere nel semipiano negativo, escluso l'asse immaginario e incluso il punto all'infinito del piano complesso.* I coefficienti d'estinzione pei diversi tipi possibili di variazioni libere sono misurati dal valore assoluto delle parti reali dei rispettivi poli; i poli che cadono all'infinito corrispondono a stabilità infinite cioè non danno variazioni libere. In questo modo si enuncia, per un sistema rappresentato da un operatore $f(\Delta) = \frac{P(\Delta)}{Q(\Delta)}$, la condizione di estinzione.

Nei casi fisici, supposto che Θ sia la conduttanza funzionale di un sistema, la condizione medesima si dovrà trovare necessariamente soddisfatta.

52. — Variazione definita. Dato quanto sopra, e ritenuta soddisfatta la condizione di estinzione, dalla formola indefinita si passa alla formola della variazione definita, che risulta come segue:

$$\frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)} V = [S(\Delta) \,.\, V] +$$

$$+ \sum_{s=1}^{s=n_1} \alpha_s e^{\rho_s t} \int_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{\rho_s t}} dt +$$

$$+ \sum_{s=1}^{s=n_2} \beta_s e^{\rho_s t} \underbrace{\int\int}_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{\rho_s t}} dt^2 +$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$+ \sum_{s=1}^{s=n_p} \lambda_s e^{\rho_s t} \underbrace{\int\int \cdots \int}_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{\rho_s t}} dt^p$$

Digitized by Google

Si osservi: questa formola nei casi fisici deve risultare sempre convergente. Ora, se è presente il termine S, con grado non inferiore al primo, e se la funzione V non è derivabile, la convergenza viene meno; questo vuol dire che nei casi fisici, dato che V rappresenti la funzione indipendente, l'ipotesi $m > n$ non si può verificare mai.

53. — Studio sulla funzione $f(\Delta)$. Le conclusioni testè sviluppate fanno concepire la possibilità di uno studio che può essere la parte più feconda di tutto il metodo simbolico, cioè la ricerca delle proprietà di un sistema, deducendole direttamente dalla forma analitica della funzione $f(\Delta)$.

Il risultato ora acquisito a questa ricerca è la relazione fra i poli della $f(\Delta)$ e le variazioni libere di un sistema. Potrò qui appena accennare la via per dedurre, nello stesso ordine d'idee, qualche altro teorema.

Prendasi una funzione $V = e^{\alpha t}$, dove α sia una costante reale o complessa, limitata dalla sola condizione che la parte reale sia negativa o nulla (altrimenti l'ipotesi che V esista da tempo infinitamente remoto sarebbe fisicamente inammissibile). Applicando la formola ultimamente dedotta per la variazione definita, dovuta a un operatore $f(\Delta) = \frac{P(\Delta)}{Q(\Delta)}$, si ricava:

$$\frac{P(\Delta)}{Q(\Delta)} e^{\alpha t} = \frac{P(r)}{Q(r)} e^{\alpha t}$$

il che vuol dire che se $f(\Delta)$ è la conduttanza funzionale d'un sistema, l'espressione $f(\alpha)$ ha un significato fisico immediato: essa rappresenta la conduttanza ohmica per una corrente della forma $e^{\alpha t}$; il che contiene come casi particolari i teoremi seguenti:

$f(0) =$ conduttanza per le correnti costanti. Nei sistemi fisicamente realizzabili questa non può essere mai $= \infty$; per approssimazione solamente può ritenersi $= 0$ in dati casi; a rigore è sempre finita e positiva.

$f(i\omega) =$ ammettenza complessa per le correnti sinusoidali di frequenza angolare ω (nei simboli di Steinmetz).

$f(\infty) =$ valore iniziale della corrente dovuta a un voltaggio che dopo essere stato sempre $= 0$ passi bruscamente al valore $V = 1$; e di questo importante teorema lascio la dimostrazione al lettore. Nei sistemi fisici, quando non si trascuri l'induttanza, si deve avere quindi sempre $f(\infty) = 0$.

Tutti questi risultati ricevono un'applicazione immediata nella teoria delle reti. Ma lo studio sulla forma della $f(\Delta)$ acquista la sua

Digitized by Google

più grande importanza nel caso di f irrazionale ovvero trascendente, e quindi nella teoria dei sistemi continui. Avrò occasione di ritornarvi nell'ultima parte del presente lavoro.

***

54. — Conduttanza di una rete, con resistenze, induttanze e capacità. La combinazione più generale immaginabile di resistenze, induttanze e capacità in numero finito si può descrivere come una rete di circuiti, di cui ogni lato può consistere in una resistenza pura, un'induttanza pura, o una capacità pura.

La corrente entri tutta da un nodo (1) e esca tutta da un nodo (2) fra i quali si suppone applicato il voltaggio dato V.

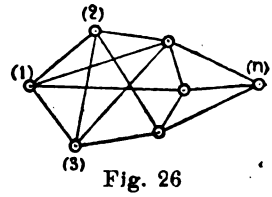


Fig. 26

I nodi (1) e (2) si chiamano elettrodi.

Per trovare il comportamento del sistema, si fa il confronto col problema relativo alle correnti continue. Se tutti i lati della rete fossero conduttanze ohmiche g_{11}, g_{12}, ... etc., la conduttanza ohmica dell'intero sistema fra gli elettrodi (1) e (2) sarebbe data da un'espressione di questa forma:

$$g = \frac{\begin{vmatrix} g_{21} & g_{23} & \cdots & g_{2r} \\ g_{31} & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ g_{r1} & \cdots & \cdots & g_{rr} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} g_{33} & g_{34} & \cdots & g_{3r} \\ g_{43} & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ g_{r3} & \cdots & \cdots & g_{rr} \end{vmatrix}}$$

dove $g_{pq} = g_{qp} =$ conduttanza del lato (pq), mentre convenzionalmente $g_{ss} = -(g_{s1} + g_{s2} + \ldots + g_{sr})$.

Sostituiamo qui alle conduttanze ohmiche le conduttanze funzionali θ_{11}, θ_{12}..., con le stesse convenzioni sull'uso degli indici, e abbiamo l'espressione seguente:

$$\Theta = \frac{\begin{vmatrix} \theta_{21} & \theta_{23} & \cdots & \theta_{2r} \\ \theta_{31} & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \theta_{r1} & \cdots & \cdots & \theta_{rr} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \theta_{33} & \theta_{34} & \cdots & \theta_{3r} \\ \theta_{43} & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \theta_{r3} & \cdots & \cdots & \theta_{rr} \end{vmatrix}}$$

Digitized by Google

la quale verifica la formola

$$I = \Theta V$$

e rappresenta quindi la conduttanza funzionale del sistema. Siccome, data l'ipotesi sulla costituzione della rete, ciascuno dei singoli θ è della forma $\Theta = \frac{P(\Delta)}{Q(\Delta)}$, *e inoltre il numero dei lati e quello dei vertici qui si suppongono finiti,* ne consegue che anche Θ è un'espressione della stessa forma. Quindi il teorema:

Un circuito qualunque composto di resistenze, induttanze e capacità comunque combinate fra loro, purchè in numero finito e con un numero finito di collegamenti scambievoli presenta (rispetto a una corrente variabile che entri da un punto assegnato ed esca da un punto assegnato) *una conduttanza funzionale definita, esprimibile sotto la forma:*

$$\Theta = \frac{p_0 + p_1\Delta + p_2\Delta^2 + \ldots p_m\Delta^m}{q_0 + q_1\Delta + q_2\Delta^2 + \ldots q_n\Delta^n}$$

dove m, n sono indici interi e finiti che dipendono dal numero e dalla natura dei collegamenti, e i coefficienti p_0, p_1, q_0, $q_1 \ldots$ sono costanti reali, che si esprimono razionalmente in funzione delle singole resistenze, induttanze e capacità componenti.

L'interpetrazione di questo simbolo è data dalle formole dedotte nei paragrafi precedenti.

55. — Relazioni speciali che legano i valori degli indici e dei coefficienti si deducono applicando all'espressione ottenuta i teoremi relativi alla forma della funzione $f(\Delta)$ in generale. Nell'enunciato di queste proprietà userò la denominazione « circuito *interpolare* » per indicare un qualunque circuito o seguito continuo di lati scelto nella rete, e che abbia i due estremi nei due poli o elettrodi del sistema. Seguono gli enunciati.

56. — La quantità $f(0) = \frac{p_0}{q_0}$ è la conduttanza ohmica per le correnti continue; quindi risulta rispettivamente:

PRIMO CASO: $f(0) = \infty$ se nella rete esiste un circuito interpolare di induttanze pure, senza resistenze (e allora $p_0 \neq 0$, $q_0 = 0$, mentre $q_1 \neq 0$); *caso fisicamente impossibile.*

SECONDO CASO: $f(0) = G_0$, quantità reale finita e positiva, dipendente dalle sole resistenze ohmiche contenute nella rete, se la rete è composta nel modo più generale possibile (e allora $p_0 \neq 0$, $q_0 \neq 0$); *caso fisicamente normale.*

Digitized by Google

TERZO CASO: $f(0) = 0$, se tutti i circuiti interpolari contengono in serie un condensatore privo di disperdimento (e allora $p_0 = 0$, $q_0 =|= 0$, mentre $p_1 =|= 0$); *caso fisicamente possibile per approssimazione.*

57. — La quantità $f(\infty)$ è la conduttanza ohmica che acquisterebbe il sistema quando i condensatori fossero tutti shuntati in corto circuito, e le induttanze interrotte tagliando il circuito; e quindi:

PRIMO CASO: $f(\infty) = \infty$ se nella rete esiste un circuito interpolare di sole capacità pure (e allora $m = n + 1$); *caso fisicamente impossibile.*

SECONDO CASO: $f(\infty) = G'_0$, quantità reale finita e positiva, dipendente dalle sole resistenze ohmiche ma diversa da G_0, se nella rete esiste un circuito interpolare di resistenze pure, ma nessun circuito interpolare di capacità pure (e allora $m = n$); *caso fisicamente possibile per approssimazione.*

TERZO CASO: $f(\infty) = 0$ se tutti i circuiti interpolari contengono induttanze (e allora $m = n - 1$); *caso fisicamente normale.*

58. — A seconda poi della composizione della rete, si possono introdurre le seguenti distinzioni:

a) RETI DI PRIMA SPECIE, cioè composte con un solo tipo di circuiti; e si può supporre: — (1) Rete di sole r, e allora $\Theta = g$, cioè la rete equivale a una resistenza pura, caso realizzabile per approssimazione; — (2) Rete di sole l, e allora $\Theta = 1/l\Delta$, cioè la rete equivale a un'induttanza pura, caso impossibile; — (3) Rete di sole k, e allora $\Theta = k\Delta$, cioè la rete equivale ed una capacità pura, caso impossibile.

b) RETI DI SECONDA SPECIE, cioè composte con due tipi di circuiti, con i seguenti sottocasi: — (1) Reti di sole r, l, e allora $\Theta = \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$, se l esiste in tutti i rami, caso normale; — (2) Reti di sole r, k, e allora $\Theta = \frac{P^n(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$, se r esiste in tutti i rami, caso realizzabile per approssimazione; — (3) Reti di sole l, k, caso impossibile.

c) RETI DI TERZA SPECIE, cioè composte di r, l, k, e allora $\Theta = \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$, se l esiste in tutti i rami (caso normale).

59. — Riassumendo, in tutte le reti fisicamente realizzabili con esattezza come sistemi capaci di esistere da soli, la conduttanza funzionale risulta sempre della forma:

$$\Theta = \frac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$$

Digitized by Google

con le condizioni $p_0 \neq 0$, $q_0 \neq 0$, e con la condizione che le radici del denominatore abbiano tutte la parte reale negativa e diversa da zero. In casi speciali, e quando si trascurino i difetti d'isolamento di certi condensatori, può ritenersi per approssimaaione $p_0 = 0$.

Realizzabili per approssimazione sono le reti in cui si suppongono nulle le induttanze di alcuni lati; queste possono dar luogo a operatori della forma

$$\Theta = \frac{P^n(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$$

con le stesse condizioni relative ai coefficienti p_0, q_0, e alle radici del denominatore.

In ogni caso, le radici ρ del denominatore determinano le oscillazioni che il sistema può compiere in corto circuito. Nelle reti di seconda specie, i valori di ρ sono tutti reali, e quindi le variazioni libere sono tutte aperiodiche; nelle reti di terza specie si possono presentare valori complessi di ρ, e a questi corrispondono variazioni libere oscillatorie, ma soggette a estinzione.

Gli stessi risultati si potrebbero tutti anche dedurre, e lo studio si potrebbe anche ulteriormente proseguire, considerando qualunque rete fisicamente realizzabile siccome composta dei circuiti elementari completi, definiti nel capitolo precedente; e sostituendo nei determinanti che danno in generale la conduttanza di una rete, la espressione esplicita delle rispettive Θ dei circuiti elementari, a suo tempo dedotte.

60. — Problemi che si propongono comunemente in relazione alla teoria delle reti sono ancora i seguenti:

(1) Ricerca dei circuiti equivalenti. Condizione affinchè due circuiti composti si equivalgano sia rispetto a una corrente di forma determinata, sia rispetto a una corrente di forma qualunque. Sostituzione di un circuito dato con un circuito più semplice equivalente.

(2) Condizione affinchè un circuito composto possegga una resistenza equivalente, un'induttanza equivalente e una capacità equivalente.

(3) Compensazione di induttanze con capacità, rispetto a correnti di forma determinata o a correnti di forma qualunque.

(4) Teoria delle risonanze, in un sistema qualunque.

Il metodo simbolico offre una via diretta per lo studio di siffatte questioni, su cui devo qui limitarmi a richiamare l'attenzione del lettore.

Digitized by Google

*
* *

61. — Ammettenze reciproche. Gli ultimi sviluppi hanno condotto a risolvere in tutta la sua generalità il problema di determinare, come funzione del tempo, l'intensità di corrente direttamente associata a un voltaggio variabile qualunque che agisca fra due poli, o in un lato, di un sistema comunque composto di circuiti elementari. Si possono ora generalizzare i termini del problema.

In una rete (di cui indicherò con indici i singoli lati, anzichè i vertici, e per maggior generalità supporrò che tutte le coppie di vertici siano congiunte da lati, considerando i lati mancanti come lati di resistenza infinita) sia data una f. e. m. impressa $\overline{V_s}$ agente in un lato (s), e si richieda di conoscere l'intensità di corrente I_r generata, non più nel lato stesso, ma in un altro lato (r) della rete. Si farà allora il confronto col problema corrispondente per le correnti costanti. Se la $\overline{V_s}$ fosse una f. e. m. costante, e i lati tutti conduttanze ohmiche, si troverebbe la I_r sotto la forma $I_r = G_{rs} V_s$ dove G_{rs} si esprime razionalmente in funzione delle conduttanze deilati (Vedi MAXWELL, *Trattato d'elettricità e magnetismo,* vol.I, § 282 *a*). Nell'espressione di G_{rs} si sostituiscano le conduttanze funzionali alle conduttanze ohmiche, e si avrà la soluzione del problema per le correnti variabili sotto la forma

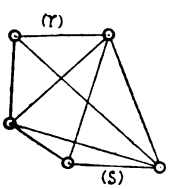


Fig. 27.

$$I_r = \Theta_{rs} V_s$$

All'operatore Θ_{rs} darò il nome di *ammettenza reciproca* dei lati (r), (s) della rete. Esso risulta dato da un simbolo del seguente tipo:

$$\Theta_{rs} = \frac{P^m(\mathfrak{F})}{Q^n(\mathfrak{F})}$$

dove $m < n$ e le radici del denominatore sono sempre nel semipiano negativo, ma non tutte le altre condizioni enunciate pei coefficienti e gli indici delle conduttanze funzionali sono soddisfatte. Per l'interpetrazione del simbolo stesso valgono sempre le formole dedotte in principio di questo capitolo. Il lettore rileverà poi che l'ammettenza funzionale comprende la conduttanza funzionale (di una rete) come caso particolare; quest'ultima può essere infatti definita come l'ammettenza reciproca Θ_{rr} di un lato su sè stesso, nella rete data.

Conosciuta in funzione della f. e. m. impressa $\overline{V_s}$, la corrente I_r, si può anche determinare la differenza di potenziale U_r generata

Digitized by Google

fra i due estremi del lato (r), per effetto della f. e. m. impressa data. La soluzione si può scrivere sotto la forma

$$U_r = \Phi_{rs} \overline{V}_s$$

ma per l'operatore Φ_{rs} non introdurrò qui denominazione speciale.

In ogni caso poi, e per qualunque rete, gli stessi ragionamenti che si fanno nel caso delle correnti costanti conducono anche nel caso delle correnti variabili al *teorema di reciprocità,* che con la equazione

$$\Theta_{rs} = \Theta_{sr}$$

si enuncia nella sua forma più generale. Per gli operatori Φ_{rs} vale lo stesso teorema.

62. — Relazioni inverse. Il problema inverso a quelli ora risoluti non si può formulare dando ad arbitrio l'intensità di corrente in un lato e cercando la f. e. m. che deve essere applicata in un altro lato, per ottenere l'intensità data; il problema così formulato potrebbe, nella maggior parte dei casi, non avere soluzione. Si può piuttosto proporlo nei termini seguenti.

Si faccia attraversare una rete da una corrente d'intensità arbitraria $\overline{I}_s$ che entri tutta da un nodo ed esca tutta da un altro nodo, e questi nodi siano gli estremi del lato (s). Si richieda di determinare, sia la differenza di potenziale U_r che per effetto di questa corrente si stabilisce fra i due estremi di un altro lato (r), sia l'intensità di corrente I_r generata nel lato stesso, mentre la rete è sottratta a qualunque altra influenza, cioè nessun'altra corrente esterna entra nei nodi, e nessuna f. e. m. impressa agisce sui lati.

Allora, scrivendo e risolvendo le equazioni simboliche del sistema sempre con lo stesso procedimento come si trattasse delle equazioni ordinarie per le correnti costanti, si arriva alle soluzioni sotto la forma

$$U_r = \Omega_{rs} \overline{I}_s \qquad\qquad I_r = \Psi_{rs} \overline{I}_s$$

dove Ω_{rs}, Ψ_{rs} sono operatori funzionali, esprimibili sempre col simbolo $\frac{P^m(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$, e dei quali il primo contiene come caso particolare la resistenza funzionale di un circuito. Questi operatori soddisfano generalmente alla condizione di estinzione, ma non più a tutte le condizioni normali verificate dagli operatori Θ. Quindi l'interpetrazione delle soluzioni può essere complicata da difficoltà maggiori di quelle che si presentano nei problemi in cui come funzioni indipendenti figurano le forze elettromotrici.

Digitized by Google

Le equazioni di reciprocità, in ogni caso, valgono anche per gli operatori Ω, Ψ, come si può dimostrare verificando direttamente.

63. — Problemi generali sulle reti. Dai casi fondamentali ora trattati si passa alla risoluzione di problemi più generali in cui è dato un numero qualunque di f. e. m. variabili e di intensità di correnti variabili, che agiscono simultaneamente in un sistema di circuiti.

Siano, in una rete, tante forze elettromotrici esterne arbitrarie, $\overline{V}_s$, impresse nei lati, e tante correnti esterne arbitrarie $\overline{I}_s$, fra nodo e nodo. Allora, facendo uso degli operatori definiti qui sopra, e in virtù della proprietà additiva, si ricavano le intensità di corrente generate nei lati, e le differenze di potenziale fra qualunque coppia di vertici, espresse da

$$I_r = \sum_s \Theta_{rs} \overline{V}_s + \sum_s \Psi_{rs} \overline{I}_s$$

$$U_r = \sum_s \Phi_{rs} \overline{V}_s + \sum_s \Omega_{rs} \overline{I}_s$$

e queste equazioni sono applicabili alla risoluzione di qualunque problema sui sistemi finiti di circuiti.

La teoria generale delle reti si può anche fondare scrivendo le equazioni di Kirchhoff per le correnti variabili, nel modo seguente:

$$\sum (I_r - \overline{I}_r) = 0 \qquad \text{per ogni nodo}$$

$$\sum U_r = \sum (V_r - \overline{V}_r) = 0 \qquad \text{per ogni maglia}$$

con la relazione $V_r = \frac{1}{\theta_r} I_r$ che corrisponde alla formola di Ohm, θ_r indicando la conduttanza funzionale del lato (r). Queste equazioni si applicano e si risolvono come le equazioni analoghe nella teoria delle correnti costanti.

***

64. — Circuiti mutuamente induttivi. Il caso dei circuiti mutuamente induttivi, purchè con coefficienti d'induzione costanti, si tratta come una generalizzazione ulteriore dei casi considerati fino ad ora. Sia $l_{rs} = l_{sr}$ il coefficiente d'induzione mutua fra il lato (r) e il lato (s). Le equazioni di Kirchhoff per una rete assumono allora la forma

$$\sum_r (I_r - \overline{I}_r) = 0 \qquad \text{per ogni nodo}$$

$$\sum_r U_r = \sum_r \left(\frac{1}{\theta_r} I_r + \sum_s l_{rs} \Delta I_s - \overline{V}_r \right) = 0 \qquad \text{per ogni maglia}$$

Digitized by Google

dove la sommatoria $\sum_s$ s'intende estesa a tutti i lati della rete.

Quando sono in presenza più sistemi di circuiti, elettricamente distinti, ma collegati da induzione mutua, si deve comprenderli tutti nelle equazioni, come se fossero un sistema solo.

Le equazioni differiscono da quelle scritte prima solamente per l'aggiunta di un termine. Risolvendole, si ottengono le I_r, U_r sempre sotto la forma

$$I_r = \sum_s \Theta_{rs} \overline{V}_s + \sum_s \Psi_{rs} \overline{I}_s$$

$$U_r = \sum_s \Phi_{rs} \overline{V}_s + \sum_s \Omega_{rs} \overline{I}_s$$

con la sola differenza che i coefficienti Θ, Ψ, Φ, Ω sono dati da espressioni più complicate.

65. — Caso di due circuiti. Come esempio della teoria dei circuiti mutuamente induttivi, ricaverò le formole simboliche pel caso di

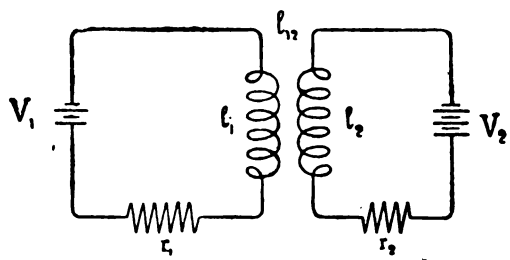


Fig. 28.

due circuiti distinti, ciascuno con f. e. m. impressa, resistenza propria e induttanza propria, e soggetti a induzione mutua, con coefficiente d'induzione l_{12}. Le equazioni di Kirchhoff si riducono allora alle due seguenti:

$$\begin{cases} \overline{V}_1 = (r_1 + l_1 \Delta)\, I_1 + l_{12} \Delta\, I_2 \\ \overline{V}_2 = (r_2 + l_2 \Delta)\, I_2 + l_{12} \Delta\, I_2 \end{cases}$$

e risolvendole rispetto a I_1, I_2 si ricava:

$$\begin{cases} I_1 = \Theta_{11} \overline{V}_1 + \Theta_{12} \overline{V}_1 \\ I_2 = \Theta_{21} \overline{V}_1 + \Theta_{22} \overline{V}_2 \end{cases}$$

Digitized by Google

dove

$$\begin{cases} \Theta_{11} = \dfrac{r_2 + l_2\Delta}{(r_1 + l_1\Delta)(r_2 + l_2\Delta) - l_{12}^2\Delta^2} \\ \Theta_{12} = \dfrac{-l_{12}\Delta}{(r_1 + l_1\Delta)(r_2 + l_2\Delta) - l_{12}^2\Delta^2} \\ \Theta_{22} = \dfrac{r_1 + l_1\Delta}{(r_1 + l_1\Delta)(r_2 + l_2\Delta) - l_{12}^2\Delta^2} \end{cases}$$

Questi operatori sono tutti della forma $\dfrac{P^{n-1}(\Delta)}{Q^n(\Delta)}$, a cui sono applicabili le formole d'interpetrazione già ottenute.

Più in generale, se Ω_1 e Ω_2 sono le resistenze funzionali dei due circuiti, risulta:

$$\Theta_{11} = \frac{\Omega_2}{\Omega_1\Omega_2 - l_{12}^2\Delta^2} \qquad \Theta_{22} = \frac{\Omega_1}{\Omega_1\Omega_2 - l_{12}^2\Delta^2}$$

$$\Theta_{12} = \frac{-l_{12}\Delta}{\Omega_1\Omega_2 - l_{12}^2\Delta^2} = \Theta_{21}$$

Suggerisco al lettore di confrontare queste teorie con quella che si stabilisce per le correnti alternanti semplici, quando si trattano col metodo degli immaginari (1).

(1) V. una mia monografia: *I metodi elementari per lo studio e la rappresentazione delle correnti alternanti sinusoidali.* (*L'Elettricista,* marzo e giugno, 1903).

Digitized by Google

PARTE QUARTA.

RICERCHE E TEORIE GENERALI.

(Introduzione allo studio dei sistemi infiniti).

1. — Interpetrazione di $f(\Delta)$ in generale.

66. — I risultati dedotti nelle pagine che precedono esauriscono la teoria delle correnti variabili nei sistemi finiti, composti con resistenze, induttanze e capacità costanti. L'enunciato di molti fra questi risultati si presenta nondimeno in forma tale, che non dipende dal numero e dalla complessità degli elementi che compongono i sistemi. Si presenta quindi spontanea l'idea di generalizzarli e applicare gli stessi metodi allo studio dei sistemi infiniti, cioè composti con un'infinità discreta o continua di elementi componenti.

Si abbia dato un sistema infinito percorso da correnti variabili. Per risolvere un problema assegnato sulla distribuzione di queste correnti, si può tentare lo stesso procedimento che conduce al risultato nel caso dei sistemi finiti; cioè, dopo aver risoluto il problema corrispondente per le correnti costanti, sostituire nella formula finale le conduttanze funzionali alle conduttanze ohmiche dei singoli elementi e cercare d'interpetrare il risultato. Ciò equivale a scrivere le equazioni differenziali del sistema [1], e risolverle rispetto alle incognite del problema, trattando il simbolo $\Delta = \frac{d}{dt}$ come se fosse una grandezza ordinaria. Si ottengono allora soluzioni simboliche sotto la forma $I = \Theta V$, dove $\Theta = f(\Delta)$, ma a differenza di quanto avviene pei sistemi finiti, la funzione f può risultare irrazionale o trascendente, e tutte le formole d'interpretazione dedotte pel caso di f razionale non sono più applicabili.

Come esempio di circuito con *infinità discreta* di elementi, prenderò il caso di una *catena* illimitata di circuiti elementari, per esempio resistenze induttive. Se gli anelli della catena sono tutti

[1] Nei sistemi normali, che formano esclusivo oggetto del nostro studio, le equazioni differenziali sono sempre lineari a coefficienti costanti. Ma la differenza fra sistemi finiti e infiniti sta in ciò che questi ultimi danno luogo talora a sistemi di infinite equazioni ordinarie simultanee, talora a equazioni a derivate parziali, per l'integrazione delle quali non esistono metodi generali.

Digitized by Google

uguali, la conduttanza ohmica dell'intero circuito, fra gli elettrodi (1) e (2), si esprime in funzione delle conduttanze ohmiche dei singoli lati sotto forma di frazione continua, il cui valore limite è dato in termini finiti da un binomio di cui un termine è un radicale. Sostituendo alle conduttanze ohmiche le conduttanze funzionali, risulta la conduttanza funzionale Θ dell'intero circuito sotto la forma

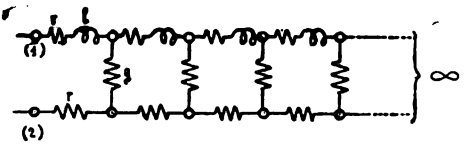


Fig. 29.

$$\Theta = P(\Delta) + \sqrt{\frac{Q(\Delta)}{R(\Delta)}}$$

dove P, Q, R sono polinomi in Δ. E questa espressione, contenendo Δ sotto il radicale, non si può interpetrare con nessuna delle formole che già conosciamo.

Come esempio di circuito con *infinità continua* di elementi valga un *cavo* infinito, con resistenza, induttanza e capacità uniformemente distribuite nella sua lunghezza. Data l'intensità di corrente all'origine del cavo, il problema di calcolare l'intensità in una sezione a distanza x dall'origine stessa costituisce uno dei quesiti più importanti a cui abbiano dato origine le moderne ricerche per la trasmissione telefonica a grande distanza. Risolvendo questo problema col descritto procedimento, si trova la relazione fra le due intensità di corrente espressa da un operatore della forma

Fig. 30.

$$\Phi = e^{x\sqrt{a + b\Delta + c\Delta^2}}$$

dove a, b, c sono costanti. Qui Δ figura sotto il vincolo trascendente, e al simbolo Φ così scritto non sappiamo finora attribuire significato alcuno.

67. — Per estendere i procedimenti simbolici alle ricerche sui sistemi infiniti è dunque necessario risolvere il quesito della *interpetrazione* di $f(\Delta)$ in generale.

Il quesito si può così precisare. È data un'espressione $Y = f(\Delta)V$, dove V è una funzione fisica, soggetta alle condizioni a suo tempo postulate per le funzioni fisiche « indipendenti », e dove $f(\Delta)$ è un simbolo formato analiticamente con Δ, in combinazione con coefficienti tutti costanti rispetto al tempo; si vuole attribuire, se possi-

Digitized by Google

bile, alla espressione Y un significato tale che qualunque equazione in cui essa figura possa assoggettarsi alle stesse trasformazioni di calcolo che si applicherebbero se Δ fosse una grandezza ordinaria. Se questo è possibile, e se la formola $Y = f(\Delta)V$ è stata ottenuta risolvendo un'equazione differenziale col procedimento che consiste nel trattare Δ come una grandezza ordinaria, allora il valore attribuito alla funzione Y risulta certamente un integrale dell'equazione. Si ha allora un'interpetrazione matematica del simbolo $f(\Delta)V$. Ma per le ricerche fisiche questo non basta ancora. La funzione Y, per essere soluzione di un problema fisico dato, dovrà ancora soddisfare a quelle condizioni speciali che distinguono, fra tutti i possibili integrali dell'equazione originaria, quello unico che risolve il problema fisicamente proposto. Quando si arrivi a determinare una funzione Y così fatta, si dirà di avere interpetrato fisicamente il simbolo $f(\Delta)V$.

Per il caso di f razionale, abbiamo trattato e risoluto nel capitolo precedente il problema dell'interpetrazione, in tutta la sua generalità, assumendo le condizioni accessorie nelle diverse forme più generali che si possono supporre in una ricerca fisica. Passando al caso di f irrazionale o trascendente limiteremo il problema alla ricerca delle *variazioni definite;* supporremo quindi le condizioni accessorie date sempre nella forma che segue. La funzione V è data in tutto l'intervallo da $-\infty$ sino a t, le equazioni sono valide in tutto l'intervallo medesimo, e la funzione Y deve soddisfare, sempre in tutto questo intervallo, alle condizioni postulate per le funzioni fisiche « dipendenti ». Si suppone che la formola $Y = f(\Delta)V$ risulti dalla risoluzione di un effettivo problema fisico e che quindi l'esistenza e il carattere univoco della funzione Y siano note a priori; ciò che non avverrebbe se la $f(\Delta)$ fosse composta analiticamente in modo qualunque.

Nelle pagine seguenti espongo cinque metodi, mediante cui il problema dell'interpetrazione può essere trattato. Il primo è il metodo diretto, che ha valore teoretico come discussione generale, e che permette talvolta anche di dedurre a priori alcune delle proprietà più importanti del risultato, ma i cui fondamenti scientifici sono stati finora troppo poco investigati per poter ricavare da esso formole risolventi in alcun caso, eccetto quelli più elementari. Il secondo è il metodo delle serie simboliche, di cui ha fatto uso estesamente Heaviside nei suoi lavori; accennerò ad esso brevemente e farò rilevare le difficoltà che s'incontrano quasi sempre nella sua applicazione. Gli ultimi tre metodi sono fondati su considerazioni di

Digitized by Google

tutt'altra natura, e che per la prima volta in questo scritto, per quanto io sappia, vengono applicate alla soluzione del problema fondamentale del calcolo simbolico. Tutti e tre questi metodi mi hanno condotto, per diversi procedimenti, a una formola unica per mezzo della quale ottengo l'interpetrazione di $f(\Delta)V$ sotto forma di doppio integrale definito. Questa formola è convergente in tutti quei casi fisici nei quali il metodo d'interpetrazione diretta non è applicabile, e ogni volta che è convergente dà la vera soluzione fisica richiesta.

68. — PRIMO METODO - **Interpetrazione diretta.** Fra i procedimenti d'interpetrazione diretta dobbiamo anzitutto enumerare le formole che ci hanno dato lo sviluppo di $f(\Delta)N$ nel caso di f razionale.

Venendo alle funzioni trascendenti, in un semplice caso l'interpetrazione diretta è immediata, ed è il caso $f(\Delta) = e^{h\Delta}$. Vale allora una formola rimarchevole, dovuta, credo, a Eulero:

$$e^{h\Delta}V(t) = V(t+h)$$

le quali, quando la $V(t)$ è sviluppabile in serie di Taylor, si può dimostrare per mezzo dello sviluppo

$$e^{h\Delta} = 1 + \frac{h}{1}\Delta + \frac{h^2}{1\,.\,2}\Delta^2 + \dots$$

e in casi più generali si giustifica mediante altre considerazioni, o si ammette come definizione, osservando che la funzione $V(t+h)$ soddisfa a tutte le condizioni richieste per equivalere al simbolo $e^{h\Delta}V(t)$, secondo anche per la nostra ricerca le abbiamo formulate.

L'equazione $e^{h\Delta}V(t) = V(t+h)$ è stata da alcuni denominata « il teorema di Taylor simbolico » e in tutti i calcoli simbolici ha applicazioni continue. Per mezzo di essa osservo che s'interpetrano direttamente anche i simboli in cui f è funzione circolare o iperbolica, per esempio $f = \cos(m\Delta)$, o altra qualunque funzione esprimibile razionalmente per mezzo di esponenziali; ma questi simboli nelle ricerche fisiche non si presentano frequentemente.

Altri casi in cui l'interpetrazione diretta si possa ottenere per mezzo di formole finite non credo che siano conosciuti.

69. — Allorquando infine $f(\Delta)$ è una funzione analitica generale, si può sempre ottenere un'interpetrazione diretta, ma non in termini finiti, considerandola come limite di una espressione algebrica razionale con numero di termini indefinitamente crescente. Questo equivale fisicamente a considerare un sistema infinito come

Digitized by Google

limite di un sistema finito, il che, quando sia fatto coi debiti criteri, è certamente lecito. Il procedimento da applicare può differire di volta in volta, e non è mai esente da difficoltà considerevoli. In generale esso non conduce a ottenere formole effettive d'interpetrazione, ma applicato allo studio generale permette di proseguire la teoria che mette in relazione le proprietà dell'operatore con la forma della funzione $f(\Delta)$.

Così, estendendo i risultati già ottenuti, si può sin da ora asserire che, $\Theta = f(\Delta)$ essendo una conduttanza o un'ammettenza funzionale, i *poli* della f sono le *caratteristiche* del sistema, e dai poli al finito dipendono le variazioni libere. Quando la f non ha punti singolari al finito, vale a dire quando è una trascendente intera, allora l'operatore $f(\Delta)$ non è singolare, e non esistono variazioni libere: e questo è infatti il caso per l'operatore $e^{h\Delta}$. In qualunque sistema fisico, in virtù del principio di estinzione (di cui dimostrerò più oltre la validità generale), tutti i poli al finito devono avere la parte reale negativa e diversa da zero.

Si può anche, nello stesso modo, riconoscere il significato fisico del valore di $f(z)$, quando z sia una quantità qualunque, con la parte reale non positiva. In particolare si riconoscerà il significato fisico di $f(0)$, $f(\infty)$, e pel caso in cui $f(\Delta)$ sia una conduttanza funzionale si potrà asserire a priori che $f(0)$ deve essere finito, positivo, e diverso da zero, mentre $f(\infty) = 0$. E così di seguito.

Per sviluppare ulteriormente la teoria, sarebbe necessario discutere l'influenza delle singolarità essenziali e dei punti di diramazione della f, sulle proprietà dell'operatore $f(\Delta)$. Non ho ancora intrapreso questa ricerca; ma segnalo l'importanza che essa avrebbe, anche dal punto di vista pratico, per l'esecuzione dei calcoli, perchè non sempre gli sviluppi che possono dare l'interpetrazione di $f(\Delta)V$ per mezzo di serie o d'integrali sono facilmente traducibili in calcolo numerico.

70. — SECONDO METODO - **Serie di potenze del simbolo Δ.** Tutti gli autori che finora hanno risoluto problemi di analisi o di fisica col sussidio del calcolo simbolico, ogni qual volta hanno incontrato un simbolo della forma $f(\Delta)$ lo hanno interpetrato sostituendo alla funzione f il suo sviluppo in serie di potenze, cioè:

$$f(\Delta) = a_0 + a_1\Delta + a_2\Delta^2 + \dots$$

da cui si ottiene

$$f(\Delta)V = a_0 V + a_1 \frac{dV}{dt} + a_2 \frac{d^2V}{dt^2} + \dots$$

Digitized by Google

Esempi molteplici sull'uso di questo metodo si possono trovare nel Vol. II della *Electromagnetic Theory* di Heaviside, il quale è quasi interamente dedicato alla discussione degli sviluppi in serie simbolica che risultano applicando il metodo stesso ai problemi sulla propagazione della corrente elettrica nei cavi. Non credo quindi necessario intrattenermi qui in più particolari spiegazioni; ma intorno al valore effettivo del metodo farò riflettere quanto segue.

Se Δ rappresentasse una variabile numerica, lo sviluppo di $f(\Delta)$ in serie di potenze sarebbe generalmente valido solo entro un certo campo limitato di valori della variabile (cerchio di convergenza), e potrebbe solamente definire ciò che secondo Weierstrass dicesi un « elemento » della funzione. Quando Δ non è più una variabile, ma un simbolo di operazione, questa limitazione non si può più applicare. Ammettendo allora illimitatamente l'equivalenza formale di $f(\Delta)$ col suo sviluppo simbolico si viene ad ammettere più di quanto non consegua dal postulato di voler applicare al simbolo Δ le regole di calcolo delle quantità ordinarie. Donde il dubbio che la formola ottenuta per $f(\Delta)V$ non rappresenti effettivamente l'interpetrazione da noi richiesta; e del resto questa equivalenza sarebbe assai difficile a dimostrare o discutere teoricamente.

Restano poi sempre le obbiezioni che si possono rivolgere contro l'uso delle serie di potenze di Δ nei calcoli fisici: e cioè, che quando V è discontinua o non è derivabile, tutti i termini dello sviluppo perdono il loro significato; molte altre volte i singoli termini hanno valore determinato, ma la serie è divergente.

È evidente che ben poco o nessun valore teorico si può attribuire a un metodo soggetto a così serie obbiezioni; e bisogna concludere che non ingiustificate erano le conclusioni di quei matematici i quali hanno del tutto rifiutato di prendere in considerazione le teorie sviluppate con procedimenti di validità così incerta.

D'altra parte, quando si tratta dell'esecuzione numerica dei calcoli, non v'ha dubbio che il metodo delle serie conduce a un risultato abbastanza rapidamente in alcuni casi, nei quali qualunque altra formola di sviluppo esige calcolazioni molto più laboriose. Heaviside ha mostrato pure che in taluni casi in cui la serie è divergente, si può approfittare della convergenza iniziale dei primi termini per ottenere un risultato approssimato. Per questo il valore pratico del metodo non si può disconoscere. Conviene dunque approfittare dello sviluppo in serie come procedimento di tentativo pei calcoli numerici, ma rinunciare a fondare su di esso alcuna parte della teoria.

Digitized by Google

71. — TERZO METODO - **Uso delle funzioni invariantive.** Farò conoscere ora un metodo rigoroso il quale conduce direttamente a una formola generale d'interpetrazione; questo metodo si può fondare sulle considerazioni seguenti.

L'operazione Δ può essere riguardata come una sostituzione lineare nello *spazio funzionale* costituito dalla totalità delle funzioni fisiche. Ora in qualunque spazio funzionale una qualunque sostituzione lineare Φ ammette generalmente un sistema di funzioni *invariantive,* cioè funzioni tali che soddisfano alla condizione

$$\Phi Y = mY$$

m essendo una costante numerica. Rispetto a una qualunque di queste funzioni invariantive, si può sempre attribuire un significato a un simbolo della forma $f(\Phi)$; poichè ponendo

$$f(\Phi)\, Y = f(m)\, Y$$

tutte le regole del calcolo ordinario sono applicabili al simbolo $f(\Phi)$, in modo coerente con la definizione e le proprietà di Φ stesso. Ora si prenda un sistema di N funzioni siffatte, linearmente indipendenti, e siano Y_1, $Y_2 \ldots Y_N$ con le rispettive costanti numeriche m_1, $m_2 \ldots m_N$. Tutte le funzioni esprimibili linearmente per mezzo di queste, cioè riducibili alla forma

$$V = k_1 Y_1 + k_2 Y_2 + \ldots k_N Y_N$$

con k_1, k_2, k_N coefficienti costanti, costituiscono uno spazio funzionale lineare a N dimensioni, invariantivo rispetto all'operazione Φ, perchè viene trasformato in sè stesso dall'operazione medesima. In tutto questo spazio, il significato del simbolo $f(\Phi)$, in conseguenza della convenzione fatta, rimane definito come segue:

$$f(\Phi)V = k_1 f(m_1) Y_1 + k_2 f(m_2) Y_2 + \ldots k_N f(m_N)\, Y_N$$

definizione sempre coerente con le regole del calcolo ordinario e con le proprietà delle operazioni distributive.

Si può così interpetrare un simbolo $f(\Phi)$ in qualunque spazio che sia costruibile per mezzo di un sistema fondamentale di funzioni invariantive rispetto a Φ. Cerchiamo di applicare questo procedimento all'operazione Δ, nello spazio delle funzioni fisiche.

72. — Le funzioni invariantive rispetto a Δ sono quelle definite dall'equazione:

$$\Delta Y = mY$$

Digitized by Google

quindi sono la totalità delle funzioni esponenziali, della forma

$$Y = e^{mt}$$

dove m può avere un valore reale o complesso qualunque.

Fra queste, le funzioni con esponente immaginario puro, $m = in$, essendo periodiche e ad oscillazione limitata, soddisfano (nulla ostando il valore non reale), alle condizioni necessarie per poterle considerare come funzioni fisiche. Assumendo

$$f(\Delta)\, e^{int} = f(in)\, e^{int}$$

si ottiene nel secondo membro di questa eguaglianza una funzione, la quale soddisfa a tutte le condizioni matematiche e fisiche per essere considerata siccome interpetrazione del simbolo a primo membro. Ma data la condizione che $f(\Delta)$ deve avere tutti i poli nel semipiano negativo, basta supporre che $Y = e^{int}$ esista da tempo infinitamente remoto, per assicurare che di siffatte funzioni ne esiste una sola. La funzione $f(in)\, e^{int}$ è dunque appunto la variazione definita corrispondente al simbolo $f(\Delta)\, e^{int}$.

73. — Ora le funzioni della forma $Y = e^{int}$ sono un'infinità continua, e tutte indipendenti. Assunte come fondamentali, danno uno spazio funzionale con un'infinità *continua* di dimensioni: si devono considerare come appartenenti a questo spazio tutte le funzioni effettivamente sviluppabili, in modo convergente, sotto forma di somme, serie o integrali aventi per elemento le funzioni e^{int}; la convergenza intendendosi richiesta pei valori reali di t. *Dimostrerò che questo spazio coincide con lo spazio di quelle funzioni fisiche V,* che abbiamo denominato indipendenti. Infatti le V secondo la definizione che abbiamo stabilita, possono essere composte di termini dei due seguenti tipi:

(1) Funzioni periodiche o somme di funzioni periodiche (e, come caso particolare, costanti). Le condizioni di Dirichlet trovandosi in tutti i casi fisici sempre soddisfatte, le funzioni periodiche si sviluppano in serie di Fourier, che si può trasformare in una serie di esponenziali, ottenendo lo sviluppo seguente:

$$V = \sum_{-\infty}^{+\infty} A_n\, e^{int}$$

dove, ritenuto che π sia il semiperiodo della funzione, i coefficienti della serie sono dati da

$$A_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} V\, e^{-int}\, dt$$

Digitized by Google

E le funzioni che sono somme di più funzioni periodiche con periodi indipendenti si sviluppano nella stessa forma, salvo che l'indice n procederà per valori anche non interi.

Reciprocamente qualunque serie della forma

$$\sum A_n e^{int}$$

che sia convergente per tutti i valori reali di t, rappresenta una possibile funzione fisica, periodica o decomponibile in periodiche.

(2) Funzioni che per qualunque valore reale di t hanno un valore finito, e che in qualunque intervallo finito presentano un numero finito di discontinuità e di massimi e minimi, e che in qualunque intervallo finito o infinito sono integrabili, e moltiplicate per qualunque funzione integrabile danno un prodotto integrabile.

Queste funzioni, per quanto risulta dai teoremi di Dirichlet, sono sviluppabili in integrale di Fourier; questo si può trasformare in integrale di esponenziali, ottenendo:

$$V = \int_{-\infty}^{+\infty} A_n e^{int} dn$$

dove

$$A_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{int}} dt$$

e faccio osservare che per limite superiore dell'integrale che dà A_n deve porsi t e non $+\infty$, perchè nelle ricerche fisiche solamente i valori assunti dalla funzione indipendente V durante il tempo trascorso possono influire sul risultato; i valori avvenire devono ritenersi tutti nulli.

Reciprocamente, qualunque integrale della forma

$$V = \int_{-\infty}^{+\infty} A_n e^{int} dn$$

che sia convergente per tutti i valori reali di t rappresenta una funzione fisica possibile.

La coincidenza dei due spazi funzionali è così dimostrata. Il campo completo delle funzioni fisiche si presenta dunque come uno spazio *con un'infinità continua* di dimensioni. Questo rende ragione

Digitized by Google

sufficiente del fatto che molte teorie di calcolo funzionale valevoli per funzioni analitiche, e che presuppongono un campo con una infinità discreta di dimensioni, non si possono estendere per applicarle allo studio di questioni di fisica.

74. — Per non ripetere sempre le due formole di sviluppo in serie e in integrale, applicabili rispettivamente nei due casi, prendo esclusivamente la seconda, che corrisponde al caso più generale e più difficile, e faccio quindi l'ipotesi che la funzione fisica V sia sviluppabile sotto la forma

$$V = \int_{-\infty}^{+\infty} A_n e^{int} dn$$

Il lettore non ha che da sostituire il segno $\sum$ al segno $\int$ in questa equazione e in quelle che se ne deducono, per ottenere le formole che valgono nel caso delle funzioni periodiche.

Nello sviluppo scritto, ciascuno degli elementi dell'integrale è una funzione per cui vale la formola d'interpetrazione

$$f(\Delta) e^{int} = f(in) e^{int}$$

Per la proprietà additiva i risultati si sommano. Si avrà quindi:

$$f(\Delta) V = \int_{-\infty}^{+\infty} A_n f(\Delta) e^{int} dn$$

ovvero finalmente

$$f(\Delta) V = \int_{-\infty}^{+\infty} A_n f(in) e^{int} dn$$

Questa formola, quando l'integrale risulta convergente, fornisce la richiesta interpetrazione del simbolo $f(\Delta) V$; e la convergenza è assicurata ogni qualvolta la funzione rappresentata da $f(\Delta) V$ sia sviluppabile in integrale di Fourier, ciò che nella maggior parte dei problemi fisici si può assicurare a priori; eccezione fanno solo alcuni casi elementari a cui sono applicabili formole d'interpetrazione diretta che già conosciamo.

Si può nella formola che dà $f(\Delta) V$ sostituire in luogo di A_n la sua espressione esplicita, ottenendo:

$$f(\Delta) V = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(in) e^{int} dn \int_{-\infty}^{t} \frac{V}{e^{ini}} dt$$

Digitized by Google

che si può anche scrivere sotto la forma

$$f(\Delta)V = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} dn \int_{-\infty}^{t} f(in)\,\frac{e^{int}}{e^{in\tau}}V(\tau)\,d\tau$$

dove $V(\tau)$ indica la funzione data $V(t)$, in cui la variabile indipendente venga denominata τ anzichè t.

È questa la formola finale d'interpetrazione che volevamo ottenere.

75. — QUARTO METODO - **Uso delle funzioni impulsive.** Secondo una nozione di cui già ho fatto uso nella prima parte di questo lavoro, una funzione fisica $V(t)$ può essere considerata come somma di infinite funzioni impulsive d'intensità infinitesima. Denotando con $F_u(t-\tau)$ una funzione impulsiva unitaria del tempo relativa all'epoca τ, si avrà identicamente:

$$V = \int_{-\infty}^{t} V(\tau)\,F_u(t-\tau)\,d\tau$$

formola applicabile a qualunque epoca compresa nell'intervallo fra $-\infty$ e t.

Per conseguenza, se Θ è il simbolo di una qualunque operazione distributiva, si può scrivere:

$$\Theta V = \int_{-\infty}^{t} V(\tau)\left[\Theta\,.\,F_u(t-\tau)\right]d\tau$$

Quando l'operatore Θ è normale, e risulta dalla considerazione di un sistema elettrodinamico reale, esso è certamente applicabile a una funzione inpulsiva $F_u(t-\tau)$ e come risultato deve dare una funzione determinata dell'argomento $(t-\tau)$. Si denoti con G questa funzione: cioè si scriva

$$\Theta\,.\,F_u(t-\tau) = G\,(t-\tau)$$

Si avrà allora (sempre nell'ipotesi che V denoti la funzione indipendente):

$$\Theta V = \int_{-\infty}^{t} V(\tau)\,G\,(t-\tau)\,d\tau$$

Digitized by Google

formola valevole per l'epoca t, perchè avendo esteso l'integrazione fra i limiti $-\infty$ e t, si viene a tener conto di tutti i valori di V antecedenti all'epoca medesima, e non di quelli susseguenti. *Questa formola dimostra che le proprietà e il risultato dell'operatore* Θ *rimangono interamente determinati dalla conoscenza della funzione* G, la quale essendo funzione reale di variabile reale è completamente rappresentabile a sua volta mediante una curva; per questo motivo indicherò la G col nome di *funzione determinante* dell'operatore Θ.

L'equazione scritta è applicabile, sempre nel campo fisico, a un operatore Θ normale qualunque, che soddisfi alla condizione di estinzione. Supponendo ora l'operatore dato sotto la forma $\Theta = f(\Delta)$, il problema da risolvere è esprimere la funzione G per mezzo della f. Si può arrivare a questo con diversi metodi; uno di questi può essere fondato sulla seguente formola che dà lo sviluppo di una funzione impulsiva per mezzo di integrale definito:

$$F_u(t-\tau) = \lim_{A=0} \frac{1}{2\pi A} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\operatorname{sen} nA}{n} e^{in(t-\tau)}\, dn$$

Partendo da questo sviluppo, ho ottenuto il risultato sotto la forma seguente:

$$G(t-\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(in)\, e^{in(t-\tau)} dn$$

76. — Sostituendo questo nella espressione scritta per ΘV, si ricava

$$f(\Delta)V = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} dn \int_{-\infty}^{t} f(in) \frac{e^{int}}{e^{in\tau}} V(\tau)\, d\tau$$

cioè la stessa formola ottenuta col metodo delle funzioni invariantive.

È da osservare che questa formola, purchè in essa non s'inverta l'ordine delle integrazioni, risulta convergente anche nella maggior parte dei casi nei quali la formola che dà G non lo è. Per esempio, i circuiti in cui si trascura l'induttanza, danno una G con andamento impulsivo e quindi non finita, ma sempre integrabile, nel significato in cui lo sono le funzioni impulsive; e questo assicura la convergenza finale quando le integrazioni sono eseguite nell'ordine indicato.

Digitized by Google

77. — QUINTO METODO - **Sviluppo della funzione** $f(\Delta)$. Nella maggior parte dei casi fisici si può riconoscere che la funzione $f(\Delta)$ soddisfa sull'asse immaginario a condizioni di regolarità paragonabili a quelle a cui soddisfano le funzioni fisiche sull'asse reale, e che può essere sviluppata in un integrale di esponenziali reali della forma seguente:

$$f(\Delta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} dn \int_{-\infty}^{0} f(in) \frac{e^{\theta\Delta}}{e^{in\theta}} d\theta$$

Questo sviluppo è simbolico, ma contiene per elemento un simbolo $e^{\theta\Delta}$ di cui ci è nota l'interpetrazione diretta. Sappiamo infatti che

$$e^{\theta\Delta} V(t) = V(t + \theta)$$

Quindi si ottiene:

$$f(\Delta) \cdot V(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} dn \int_{-\infty}^{0} f(in) \frac{V(t+\theta)}{e^{in\theta}} d\theta$$

Facendo qui la sostituzione $\theta = \tau - t$, l'integrale si trasforma in

$$f(\Delta) \cdot V = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} dn \int_{-\infty}^{t} f(in) \frac{e^{int}}{e^{in\tau}} V(\tau) d\tau$$

che è la formola stessa già ottenuta coi due metodi precedenti.

A titolo di suggerimento ho voluto indicare questo metodo, che essendo fondato sullo sviluppo simbolico di un'operazione, sottintende un concetto del tutto diverso da quelle che si applicano nei calcoli ordinari; ma rinuncio qui ad entrare nella discussione matematica dei principî che in esso si applicano.

78. — **Conclusioni.** Riassumendo, tutti e tre i metodi ultimamente sviluppati conducono alla formola d'interpetrazione:

$$f(\Delta) V = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} dn \int_{-\infty}^{t} f(in) \frac{e^{int}}{e^{in\tau}} V(\tau) d\tau$$

la quale dà la variazione definita corrispondente alla funzione indipendente V, ed è valevole e convergente in tutti i casi fisici (1),

(1) Applicata come caso particolare al simbolo di derivazione a indice qualunque Δ', la formola stessa dà un'equazione che è stata già ottenuta da Fourier (*Œuvres*, vol. I, § 422). Ma Fourier non indica i limiti e le condizioni di validità dell'equazione stessa, la quale, analiticamente considerata, fornisce solo un'interpetrazione particolare del simbolo $\Delta' V$.

Digitized by Google

salvo qualche caso elementare a cui si applicano formole d'interpetrazione più semplici. Deve essere però sempre inteso che quando la funzione V contiene elementi periodici, l'integrale va sostituito o completato da un termine di sommatoria così:

$$\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} \frac{1}{2T_n} \int_{-T_n}^{+T_n} f(in) \frac{e^{int}}{e^{in\tau}} V(\tau)\, d\tau$$

in cui l'indice n può procedere per serie di valori interi o non interi, secondo è richiesto dalla forma della funzione V. E del resto in tutta la fisica matematica è continuo l'esempio di integrali i quali in casi particolari si devono intendere trasformabili in sommatorie di termini finiti.

Le discussioni fatte e i risultati ottenuti provano che quando il simbolo $f(\Delta)$ proviene dallo studio di un sistema fisico « normale », nel modo e sotto le condizioni postulate per tutte le nostre ricerche, fra cui anche le condizioni di successione e di estinzione, allora al simbolo stesso si può attribuire un significato ben determinato quale simbolo di operazione univoca, applicabile a tutto il campo di quelle funzioni fisiche che si possono presentare come indipendenti. Le condizioni pei sistemi fisici normali implicano, ricordiamo, che la espressione $f(\Delta)$ non contenga coefficienti o parametri i quali non siano costanti rispetto a t. Sotto queste condizioni, la possibilità di applicare al simbolo $f(\Delta)$ tutte le regole del calcolo ordinario, risulta rigorosamente dimostrata, per la forma stessa dell'equazione che dà lo sviluppo di $f(\Delta)$; il che fa parte dei teoremi che ho enunciato senza dimostrazione, nella prima parte di questo lavoro.

Fin qui per la parte teorica. Quanto alla esecuzione pratica dei calcoli, osserverò questo:

La formola qui dedotta per $f(\Delta)V$ si può usare con vantaggio anche nel caso di f razionale, in luogo delle formole d'interpetrazione diretta ricavate nel capitolo sulla teoria delle reti; perchè è più semplice, e non esige la risoluzione dell'equazione algebrica $Q(\Delta) = 0$; le formole dirette dovendo essere preferite solamente quando lo sviluppo con doppio integrale definito non è convergente. Nel caso generale, la calcolazione effettiva del doppio integrale definito può nondimeno implicare difficoltà non lievi. Non è mio intendimento indicare ora in quali casi e con quali artifici queste difficoltà possano essere superate analiticamente; ma ricorderò che

Digitized by Google

quando le risorse dell'analisi non bastino, i procedimenti grafici e meccanici permettono di ottenere sempre, sotto forma di diagramma, il risultato.

2. — I sistemi di costituzione sconosciuta.

79. — Un sistema elettrodinamico generale può contenere, oltre a resistenze, induttanze, capacità e induzioni mutue, anche reazioni più complicate, come quelle dipendenti da circuiti mobili, nuclei mobili, e così via. Senza enumerare questi casi possibili, voglio considerare il caso più generale di tutti, proponendo un problema opposto a quelli considerati finora.

Suppongo dato un sistema di costituzione sconosciuta. Fra due elettrodi determinati, (1), (2), del sistema, sia possibile applicare una forza elettromotrice arbitraria $V = V(t)$ e sia $I = I(t)$ la corrente che per effetto della V si ricava in un ramo determinato (o attraverso una sezione determinata) del sistema stesso. La I dipenda funzionalmente da V; si indichi con Θ il simbolo di questa dipendenza; cioè si ponga

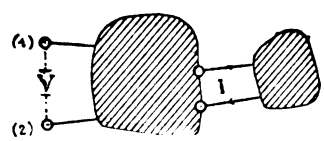


Fig. 31.

$$I = \Theta V$$

Si dirà che Θ è dato sperimentalmente quando è possibile rilevare sperimentalmente la forma della funzione I che corrisponde a una qualunque forma arbitraria della funzione V (nel campo fisico). In base a questo studio sperimentale si richiede di esprimere analiticamente l'operatore Θ.

80. — La ricerca è subordinata alla condizione che Θ sia normale. Questa condizione si verifica esperimentalmente coi criteri già indicati altra volta. È necessario imprimere una V impulsiva unitaria $V = F_u(t - \tau)$ e riconoscere la forma della funzione $I = G(t - \tau)$ che consegue all'applicazione di questa impulsione. Se questa forma è indipendente dalla scelta dell'epoca τ, e se gli effetti di un numero qualunque di impulsioni si sommano, allora Θ è normale.

Suppongo che questo sia verificato, e che la forma della funzione determinante G sia stata riconosciuta sperimentalmente. Per le condizioni del problema posto è certamente sempre soddisfatta la condizione di *successione*, la quale porta come conseguenza che $G(t - \tau)$ sia nulla per tutti i valori negativi dell'argomento $(t - \tau)$. Suppongo

Digitized by Google

soddisfatta anche la condizione di *estinzione*, cioè $\lim G(t-\tau)=0$ per $t-\tau=+\infty$; questa condizione assicura che la I sia sempre univocamente determinata, quando V è data a partire da epoca infinitamente remota.

Partendo allora dalla formola

$$V(t)=\int_{-\infty}^{t} V(\tau)F_u(t-\tau)d\tau$$

si ricava

$$\Theta V(t)=\int_{-\infty}^{t} V(\tau)\left[\Theta . F_u(t-\tau)\right]d\tau$$

$$=\int_{-\infty}^{t} V(\tau)\,G(t-\tau)\,d\tau$$

che mediante la sostituzione $x=t-\tau$ si trasforma in

$$\Theta V(t)=\int_{0}^{\infty} V(t-x)\,G(x)\,dx$$

Ora in virtù della formola simbolica di Taylor, si ha

$$V(t-x)=e^{-x\Delta}V(t)$$

quindi

$$\Theta V(t)=\int_{0}^{\infty} e^{-x\Delta}V(t)\,G(x)\,dx$$

Quest'equazione dovendo essere soddisfatta qualunque sia la forma della funzione $V(t)$, che figura ora egualmente a primo e secondo membro, questa si può sopprimere, e rimane l'eguaglianza simbolica:

$$\Theta=\int_{0}^{\infty}\frac{G(x)}{e^{x\Delta}}\,dx$$

la quale dà l'espressione richiesta.

Con questo resta anche provato che qualunque operatore fisico normale Θ è esprimibile sotto la forma $f(\Delta)$. E i teoremi enunciati nella prima parte sono così interamente dimostrati.

Digitized by Google

3. — Il principio di estinzione in generale.

81. — Nelle reti di circuiti elementari il principio di estinzione era conseguenza del fatto che tutti i lati contengono sempre una resistenza positiva.

Il ragionamento stesso con la stessa conclusione si estende a un sistema elettrodinamico qualunque che sia interamente costituito da corpi materiali; perchè tutti i corpi materiali, in ogni loro elemento posseggono resistenza elettrica, e quindi assicurano la dissipazione di energia. Se invece un sistema contiene fra le sue parti anche dielettrico puro (etere) il ragionamento non vale, perchè negli elementi di volume di un dielettrico puro i fenomeni elettromagnetici si compiono senza produzione di calore; ma si arriva nondimeno anche in questo caso alla stessa conclusione riflettendo che: il dielettrico puro trasporta l'energia sotto forma di onde elettromagnetiche e queste, o sono assorbite da corpi materiali dove incontrano dissipazione, o irradiano verso l'infinito. La radiazione verso l'infinito è anche essa un fenomeno irreversibile, quantunque non accompagnato da produzione di calore; l'energia così irradiata è dispersa senza possibilità di ricupero. Dunque anche il dielettrico puro non sfugge al principio di dissipazione. La condizione di estinzione, in qualunque sistema fisico, è perciò sempre soddisfatta.

CONCLUSIONI.

82. — Dalle teorie sviluppate nel corso di questo lavoro risulta che la soluzione rigorosa di qualunque problema relativo a forze elettromotrici e a correnti variabili in qualunque sistema normale (e in pratica sono anormali solamente i sistemi che contengono ferro) può essere ottenuta, sia scrivendo le equazioni differenziali del sistema e risolvendole rispetto alle funzioni incognite dopo aver posto $\frac{d}{dt} = \Delta$ e trattando Δ come se fosse una grandezza ordinaria, sia scrivendo la soluzione pel problema corrispondente relativo alle correnti costanti e sostituendo nel risultato le conduttanze o le resistenze funzionali alle conduttanze o alle resistenze ohmiche dei singoli elementi. Nell'enunciato dei problemi devono figurare come dati quelle funzioni V che fisicamente sono di fatto indipendenti, e come

Digitized by Google

incognite quelle Y che sono dipendenti. Si ottengono allora queste ultime, espresse in funzione delle prime da sviluppi della forma

$$Y = \sum f(\Delta) V$$

In qualunque termine di questi sviluppi la f è una funzione razionale se la formola proviene da un sistema con numero finito di elementi; può essere irrazionale o trascendente se il sistema è infinito o continuo.

Nel primo caso la soluzione simbolica si interpetra per mezzo di formole dirette, che a suo luogo abbiamo dato. In particolare, nella seconda e terza parte di questo abbiamo applicato il metodo simbolico per sviluppare la teoria delle reti con resistenze, induttanze, capacità e mutue induzioni.

Nel secondo caso la soluzione simbolica si interpetra per mezzo dello sviluppo in integrale doppio definito, che nell'ultima parte di questo lavoro è stato dedotto con tre diversi procedimenti. Le discussioni fatte intorno a questo sviluppo dimostrano la possibilità di applicare con rigore il metodo simbolico allo studio dei sistemi elettrodinamici infiniti di qualunque natura, purchè normali.

Come prima e importante fra queste applicazioni si presenta lo studio della propagazione elettrica nelle linee e nei cavi con induttanze e capacità distribuite e localizzate; dedicherò a questo argomento una successiva memoria. In altra occasione spero poi poter mostrare qualche applicazione del metodo simbolico alle ricerche sulla propagazione delle azioni elettromagnetiche nei sistemi a tre dimensioni; praticamente alcune di queste ricerche presenterebbero oggidì un interesse diretto per i problemi che si connettono alla telegrafia senza fili; ma più grande ancora è l'interesse scientifico che potrebbero avere le applicazioni alla teoria elettromagnetica della luce e alla discussione sulle proprietà ottiche di alcuni mezzi materiali, se col metodo simbolico si potesse riuscire a sviluppare sistematicamente anchè questa teoria, e mettere in relazione i fenomeni osservati sperimentalmente nei corpi con le possibili ipotesi sulla loro costituzione fisica. È questo tutto un campo che rimane da investigare.

Digitized by Google

N. 8.

IL RICUPERO DI ENERGIA NELLA TRAZIONE ELETTRICA

COMUNICAZIONE

dell' **Ing. UMBERTO MACCAFERRI** *fatta alla Sezione di Bologna dell'A. E. I. nella Seduta del 5 marzo 1904.*

Il problema del ricupero di energia nella trazione elettrica in questi ultimi tempi occupa la mente degli specialisti, fra i quali si nota una grande disparità di pareri. C'è chi ad esso ritiene che non si debba dare alcuna importanza, c'è chi va all'esagerazione opposta e si fa delle illusioni fondandovi sopra speranze troppo spinte.

Non è quindi fuor di luogo esaminare i termini generali dell'interessante problema, per giungere a conclusioni che diano, per quanto è possibile, un'idea esatta della sua reale importanza.

È noto che quando una vettura o una locomotiva discende in virtù del proprio peso lungo una livelletta di adeguata pendenza, i motori che su essa sono installati possono funzionare da generatori e mandare corrente sulla linea. L'energia che così viene prodotta a spese della gravità può, date certe speciali condizioni di profilo, e quando l'impianto della centrale sia adatto allo scopo, venire in gran parte utilizzata e rappresentare in qualche caso un'economia non trascurabile nelle spese di esercizio, e alle volte, anche in quelle di primo impianto.

***

Studiamo dapprima il caso della trazione a corrente continua.

Si sa che in questo sistema di trazione il motore quasi universalmente usato è quello ad eccitazione in serie, che per molte ragioni è superiore nei riguardi della sua applicabilità alla trazione, a quelli ad eccitazione indipendente, in derivazione o mista.

Senza fare una discussione sui pregi e sugli inconvenienti di questi diversi motori, ci basti ricordare che fra il motore in serie e quello in derivazione, si deve dare al primo la preferenza principalmente per la sua proprietà di essere autoregolatore della potenza, a velocità variabili. Infatti, ricordando che quando la coppia resistente aumenta, esso riduce la velocità e corrispondentemente aumenta la coppia motrice, si vede che la potenza da esso richiesta tende automaticamente a rimanere costante risultando essa del prodotto della coppia motrice per la velocità ($W = C_m V$).

Digitized by Google

Invece nel motore in derivazione, che tende a mantenere costante la velocità anche se varia la coppia resistente, si vede come debba nelle salite aumentare il prodotto $C_m V$, vale a dire la potenza assorbita. A questo principale vantaggio del motore in serie su quello in derivazione, molti altri ben noti se ne aggiungono e tutti contribuiscono a far cadere la scelta sul primo.

Se non che, qualora si volesse utilizzare nelle discese l'energia che può dare il motore funzionante da generatore, si dovrebbe adottare il motore in derivazione, non prestandosi allo scopo quello in serie. La ragione di questo fatto si trova qualora si consideri che volendo usare come dinamo un motore in serie, bisognerebbe, per ottenere una corrente dello stesso senso di quella della linea, far ruotare l'armatura in senso inverso a quello che essa aveva quando la macchina funzionava da motore. Invece ciò non avviene col motore in derivazione, per il quale un aumento di velocità dovuta all'azione dt una coppia motrice esterna, che nel caso della trazione è fornita dalla gravità quando la vettura discende, si traduce in un aumento tale della f. c. e. m. dell'armatura, da invertire la intensità della corrente circolante nell'indotto. La cosa risulta evidente, se si applica al motore la legge di Ohm: chiamando V la differenza di potenziale della linea, E la f. c. e. m. di cui divengono sede i conduttori dell'armatura per la rotazione di questa nel campo magnetico induttore, con R la resistenza dell'armatura stessa, si ha che il valore della corrente I che circola nell'indotto è dato da

$$I = \frac{V - E}{R}.$$

Nel caso del motore in serie funzionante da generatore con senso di rotazione uguale a quello che si aveva durante il funzionamento da motore, E cambia segno e sommandosi a V fa aumentare il valore di I tanto da rischiare di *bruciare* la macchina, ma in ogni modo non si ottiene l'effetto di generare corrente che possa alimentare la linea; nel caso invece del motore in derivazione la E al crescere della velocità aumenta senza cambiare di segno, quindi si arriverà al punto che essa supererà in valore assoluto la differenza di potenziale V e allora diverrà negativa la I. E poichè la coppia motrice si può ritenere proporzionale al prodotto di I pel flusso induttore ($C = K\Phi I$), diverrà negativa anche la coppia motrice, il che equivale a dire che la macchina non crea più una coppia, ma ne utilizza una esterna generando, a spese di questa, una corrente che passa alla linea.

Digitized by Google

Quando dunque ci si preoccupasse di voler ricuperare dell'energia nella trazione a corrente continua, si dovrebbero adottare motori in derivazione e se da un lato si può guadagnare qualche cosa col ricupero, dall'altro ci si rimette perchè viene imposta l'adozione di un motore poco adatto alla trazione. Questa è una delle ragioni per cui viene ad essere diminuita l'importanza del ricupero nel caso della corrente continua.

In alcuni casi speciali esso è tuttavia da prendersi in considerazione. Sono i casi di brevi linee con livellette di fortissima pendenza e senza fermate intermedie, delle linee cioè del tipo di quelle servite da funiculari. In questi casi si potrà avere una vettura che sale, mentre un'altra discende, e, date le forti pendenze, sarà molto utile il naturale frenamento prodotto dai motori che funzionano da dinamo, e potrà in generale venire utilizzata dalla vettura in ascesa l'energia abbastanza rilevante prodotta dalla vettura che scende. Per premunirsi poi dagli inconvenienti che deriverebbero alla centrale, nel caso che o tutta o in parte l'energia di ricupero non venisse utilizzata lungo la linea, sarà sempre possibile che questa energia sovrabbondante vada a caricare una batteria di accumulatori, pronta a restituirla quando le vetture in ascesa la richiedano.

Non sarà male farsi un'idea del rapporto che passa tra l'energia elettrica prodotta in discesa e quella richiesta in ascesa sulla stessa livelletta a uguale velocità.

Ciò naturalmente vale tanto che si tratti di corrente continua come di corrente alternata.

Sia i' la pendenza limite sulla quale un treno di peso P può scendere in virtù del proprio peso. Sia i una pendenza maggiore di i' tale che la velocità che su di essa può assumere il treno abbandonato a sè stesso sia tale da far sì che la f. c. e. m. dei motori superi la tensione di linea. Chiamiamo con η il rendimento dei motori quando funzionano da generatori, con η' il rendimento loro quando funzionano da ricevitori, con V la velocità.

L'energia W generata in discesa avrà per espressione

$$W = \eta P (i - i') V$$

e quella consumata in salita

$$W^1 = \frac{1}{\eta'} P (i + i') V.$$

Il rapporto $\frac{W}{W'}$ darà il *coefficiente di ricupero* che sarà

$$\alpha = \frac{W}{W'} = \eta\eta' \frac{i - i'}{i + i'}.$$

Digitized by Google

Per metterci in un caso pratico poniamo $\eta = 0{,}75$, $\eta' = 0{,}80$, $i = 30\,^0/_{00}$, $i' = 5\,^0/_{00}$ sarà allora

$$\alpha \leqq 0{,}50,$$

cioè nella discesa ricuperiamo circa la metà della energia necessaria per salire. È ovvio intanto che siccome in ascesa la velocità può tenersi assai minore che non in discesa, il coefficiente di ricupero aumenterà, ma senza vantaggio, perchè d'altra parte a un certo punto della salita il ricupero stesso cesserà per il fatto che la vettura in discesa giunge prima alla fine della sua marcia

Questo caso specialissimo di utilizzazione completa fatta da vetture in salita dell'energia prodotta dalle vetture in discesa, difficilmente può trovare realizzazione in pratica, specialmente perchè in via generale non si possono far dipendere gli orari dal sistema di trazione adottata: in ogni modo si vede che quando il profilo si presta si può contare su una quantità di energia data dai treni che scendono che non è da trascurare.

Questa energia all'atto pratico potrà dunque venire solo in parte utilizzata lungo la linea, e allora, come si è già accennato, sarà assai opportuno inviare la corrente sovrabbondante alla centrale, dove potrà essere raccolta dalla stessa batteria di ripulsione che è quasi sempre una parte integrante degli impianti di trazione a corrente continua.

Questo è quanto si può finora dire nei riguardi della trazione a *trolley;* nel caso poi della trazione ad accumulatori, è ovvio che il ricupero può farsi in condizioni di profilo analoghe a quelle finora considerate e tutta l'energia prodotta in discese può utilizzarsi per caricare la batteria, che perciò potrà avere una capacità e quindi un peso minore.

Questo è certamente un notevole vantaggio, ma si capisce che la manutenzione della batteria di già costosissima, di per sè, vien resa anche più onerosa in causa dell'aumentato deterioramento delle placche sottoposte a regimi di carica poco convenienti e che implicherebbero complicati sistemi di regolazione. Nello stesso tempo il coefficiente di ricupero diminuirebbe, dovendo esso venire moltiplicato per il basso coefficiente di rendimento della batteria, tanto che riferendoci all'esempio considerato si ridurrebbe al $30\,^0/_0$.

Gli impianti, che per quanto ci consta sono stati eseguiti tenendo presente la possibilità di fare il ricupero, sono ben pochi, e la ragione più plausibile di questa limitata applicazione bisogna ricercarla principalmente nel fatto che è imposto il motore di derivazione, e in

Digitized by Google

secondo luogo che rari sono i casi in cui si presenta conveniente la trazione a corrente continua sopra profili a forti pendenze. Ad ogni modo citeremo fra gli impianti ad accumulatori quello della linea Paris-Saint-Denis, in cui si hanno rampe del 38 $^0/_{00}$, sulle quali vien ricuperato in discesa circa $^1/_8$ dell'energia totale spesa nel salire, e fra gli impianti a *trolley*, quello del tramway a cremagliera di Barmen, che ha pendenza media del 10 $^0/_0$ e massima del 18 $^0/_0$, ciò che permette di ricuperare e restituire alla linea dal 40 al 60 $^0/_0$ del lavoro totale sviluppato in discesa. Infine citeremo quello recentissimo della ferrovia Vesuviana, in cui le locomotive sono azionate da due motori eccitati in derivazione, che vengono nella discesa a funzionare da generatori, e in tal modo danno un'ottima frenatura, e, lavorando in parallelo con le dinamo della centrale, agiscono insieme con queste sulla batteria a repulsione.

*
* *

Veniamo ora a trattare del ricupero di energia nella trazione a corrente alternata, limitandoci al caso della corrente trifase, che allo stato attuale delle cose è quella che si è dimostrata più atta ad essere applicata al vero servizio ferroviario per la possibilità di fare dei lunghi trasporti di energia, e di ottenere con l'alimentazione ad alta tensione dei motori, locomotive di grande potenza.

Si vede subito che in questo caso in cui sono in giuoco grandi quantità di energia, e in cui ci può trovare di fronte a profili molto lunghi ed accidentati con fermate poco frequenti, il problema del ricupero assume un'importanza maggiore.

Sarà bene vedere anche per questo sistema di trazione quali sono le condizioni che si richiedono perchè il motore funzioni da generatore.

Esaminiamo perciò la espressione della coppia motrice. Chiamando con R, L rispettivamente la resistenza e l'induttanza dell'indotto, con Φ il valor massimo del flusso da questo abbracciato, con ω la velocità del campo rotante e con ω^1 la velocità dell'indotto, si ha:

$$C = \frac{1}{2} \frac{(\omega - \omega^1)\ \Phi^2 R}{R^2 + L^2\ (\omega - \omega^1)^2}.$$

Prendendo per ascisse i valori di ω^1 e per ordinate i valori di C, si potrebbe tracciare una curva da cui si dedurrebbe che la coppia all'avviamento è piccola, che essa aumenta con l'aumentare della velocità dell'indotto fino a un massimo corrispondente a un valore

Digitized by Google

di $\omega^1 = \omega - \frac{R}{L}$, poi decresce rapidamente e si arriva al sincronismo, infine cambia di segno per $\omega^1 > \omega$ convertendosi in coppia resistente, talchè invece di un motore si ha allora un generatore. Occorrerà evidentemente per ottenere questo effetto applicare al motore una coppia motrice esterna, che nel caso della trazione sarà data dalla gravità.

Alla stessa conclusione ci porterebbe l'esame del diagramma di Heyland, anzi questo ci permetterebbe di fare un'interessante osservazione e cioè che la differenza di fase prodotta dal funzionamento del motore, fra la corrente principale e la tensione di linea è dovuta, oltre che dalla dispersione dei flussi, anche, ed in modo notevolissimo, dalla forte corrente in quadratura necessaria per l'eccitazione del primario. E anche quando divenuto negativo lo slittamento, il motore funziona da generatore, la corrente magnetizzante è necessaria e all'aumentare del numero di motori funzionanti da generatori aumenta il rapporto fra la corrente magnetizzante e quella attiva, e quindi cresce lo sfasamento. Questo fenomeno fa evidentemente diminuire il rendimento dell'impianto, non tuttavia in proporzioni tali da preoccupare e da far adottare rimedi che forse sarebbero peggiori del male. Ciò che piuttosto dovrebbe essere studiato, quando si volesse approfittare del ricupero di energia, sarebbe il modo di attenuare gli inconvenienti che certamente sorgerebbero quando l'energia prodotta da treni in discesa è grande rispetto a quella consumata sulla linea.

In questo caso, che può sempre verificarsi, data la difficoltà già accennata di predisporre gli orari in modo opportuno, specialmente quando si tratta di un vero servizio ferroviario, le oscillazioni del carico alla centrale saranno anche maggiori e più repentine di quelle già forti che ordinariamente si riscontrano negli impianti di trazione.

Bisognerà dunque premunirsi contro questo inconveniente, e i mezzi da adottarsi, trattandosi di correnti alternate, sono assai più difficili ad immaginarsi che non con le correnti continue, le quali permettono con l'impianto di batterie di compensazione di equilibrare il carico della centrale.

Si hanno invero dei sistemi di trazione i quali si presterebbero abbastanza bene allo scopo, ma essi d'altra parte hanno difetti di altro genere che forse rendono poco pratica la loro applicazione.

Uno di questi sistemi è quello dell'americano B. J. Arnold, il quale ha proposto ed iniziato un esperimento sopra una linea di 30 chilometri, con locomotive miste azionate da motori monofasi e

Digitized by Google

da motori ad aria compressa, che per la disposizione loro hanno un'azione compensatrice. Il loro meccanismo infatti nelle discese assume la funzione di compressore aspirando l'aria esterna in appositi robusti serbatoi resistenti a forti pressioni; nelle salite esso funziona da motore e aiuta il motore elettrico. Per l'avviamento si utilizza la forte pressione a cui si è portata l'aria nei serbatoi immagazzinando la forza viva posseduta dal treno durante l'arresto precedente, e si fa agire il solo meccanismo ad aria compressa lasciando disinserito il motore elettrico, che si metterà in azione solo quando si sarà raggiunta la velocità di regime.

Questo sistema appare dunque teoricamente buono per mantenere un certo equilibrio nel carico, ma praticamente deve portare a complicazioni non indifferenti nell'apparecchiatura della locomotiva e nella sua manovra. Basta infatti pensare che, oltre agli organi di per sè tutt'altro che semplici del meccanismo ad aria compressa, è necessario, per regolare l'azione compensatrice di questo in piena marcia, ricorrere a regolatori automatici agenti sulla distribuzione, che sono di funzionamento non sempre sicuro ed in ogni modo di costruzione delicata. La manovra poi degli apparecchi ad aria compressa, che rappresenta già un incomodo non indifferente sulle ordinarie vetture elettriche, nelle quali sono solo adoperati per i freni continui e per il sollevamento de' *trolley*, diverrà a maggior ragione imbarazzante quando essi debbono servire per dar moto al treno.

A questi inconvenienti se ne aggiungano altri, quali il peso morto considerevole e il forte riscaldamento dei cilindri, e si comprenderà come questo sistema, geniale nel suo principio e che si presterebbe assai bene al ricupero dell'energia, non possa assumere in pratica una grande importanza ed una larga applicazione.

La stessa azione compensatrice data nel caso precedente dell'aria compressa, si può ottenere ricorrendo a batterie di accumulatori portate dalla locomotiva, che vengono caricate da dinamo in derivazione durante la marcia in discesa, e che alimentano la dinamo stessa facendola funzionare da motore quando vi sia bisogno, come negli avviamenti e nelle salite, di venire in aiuto del motore principale a corrente alternata, per equilibrare il suo carico. Su questo principio è basata la locomotiva Déri (1), che teoricamente è essa pure genialissima, che permette di utilizzare l'energia ricuperata nelle discese e nello stesso tempo di mantenere ben equilibrato il carico della

(1) Vedi l'interessante memoria dell'ing. E. Grismayer, *Questioni relative alla trazione elettrica sulle ferrovie.* Roma, 1901.

Digitized by Google

centrale, ma che praticamente presenta inconvenienti che forse superano i vantaggi. Tali sono: il piccolo peso aderente che si ha negli avviamenti, durante i quali funziona il solo motore a corrente continua, l'inutile peso della batteria, il suo elevato costo di manutenzione e la necessità di un regolatore automatico della carica e della scarica della batteria.

Al primo di questi difetti il Déri stesso trovò il modo di porre rimedio con la costruzione di un motore unico che poteva agire tanto da motore asincrono, quanto da motore e dinamo a corrente continua, ma agli altri inconvenienti allo stato attuale della cosa è ben difficile porre riparo.

E finchè gli accumulatori saranno a base di piombo e di liquidi acidi non vi si riuscirà perchè essi daranno sempre un rendimento troppo basso, e si deterioreranno rapidamente, tanto che si vede poco pratica anche la proposta pure del Déri di togliere le batterie dal treno e collocarle nelle sottostazioni, collegandole coi treni stessi o con canalizzazione distinta, o con la stessa conduttura della corrente alternata, ottenendo il funzionamento a *correnti ondulate*.

Senza più oltre trattenerci su tali sistemi di trazione, che si presentano per ora poco convenienti, e dei quali non si hanno esempi pratici, torniamo al caso della trazione trifase quale è oggi applicata con successo.

Diremo subito che per quanto ci consta non si è finora in nessun impianto del genere tenuto conto del ricupero di energia. I guidatori in via normale discendono coi motori disinseriti e nessuna centrale è stata finora predisposta per il caso che si utilizzi di regola la facoltà dei motori di agire nelle discese da generatori.

In questi giorni soltanto si è in Valtellina in via di prova percorsa parecchie volte in discesa una livelletta del 18 $^{0}/_{00}$ con un treno di 125 tonnellate ricuperando energia, e i risultati sono stati più che soddisfacenti. Si è infatti ottenuto di produrre e rimandare sulla linea a spese della gravità più del 60 $^{0}/_{0}$ dell'energia potenziale del treno.

Se ora pensiamo che nelle ferrovie a lunghi piani inclinati, servite da treni pesanti, questa energia può essere molto rilevante, si vede che converrà utilizzarla nelle maggiori proporzioni possibili, cercando di predisporre le centrali alle forti variazioni di carico che, come si è detto, potrebbero verificarsi.

Uno dei mezzi migliori, che si possono escogitare per raggiungere lo scopo, è quello di fare il bacino di carico abbastanza ampio da potere far fronte alle forti variazioni di erogazione, pur essendo alimentato dalla sola quantità d'acqua corrispondente al carico medio.

Digitized by Google

In tal modo si potrà costruire il canale di portata minore, e ciò, in certe speciali condizioni di terreno, quando cioè vi siano gallerie o lunghi tratti a mezza costa, può rappresentare una forte economia nelle spese d'impianto, non ostante il maggior costo del bacino.

Inoltre, per una data quantità di acqua derivata, si utilizzerebbe in modo migliore l'impianto e si potrebbe far fronte a richieste temporanee di energia molto maggiori della media.

Si dovranno però munire di pronti e potenti regolatori a servomotore le turbine, e non sarebbe forse fuor di luogo pensare di applicare all'albero delle turbine stesse un freno elettromagnetico, che entrasse in funzione automaticamente allorchè il carico discende sotto un certo limite, e mantenesse così più che è possibile costante la velocità.

Queste disposizioni faranno sì che le turbine lavorino a portata variabile, ma è noto che il loro rendimento rimane buono ugualmente, in ispecie se la regolazione è fatta sulle palette della parte fissa, e d'altra parte si ha il vantaggio di ottenere una certa costanza nella tensione degli alternatori.

Anzi, per attenuare sempre più le oscillazioni di questa, si potrà forse con vantaggio ricorrere all'uso degli alternatori compensati, di cui tanto si è parlato in questi ultimi tempi, e sui quali ancora stanno studiando i costruttori. I buoni risultati ottenuti dal Coucherot in Francia e nel Belgio, gli studi e gli sforzi di Heyland per costruire una vera generatrice asincrona, ci danno a sperare che fra qualche tempo il problema del *campoundaggio* degli alternatori si possa considerare praticamente risolto per recare un grande miglioramento agli impianti di trazione.

Ma se queste disposizioni possono valere a diminuire le variazioni di tensione, non risolvono però il problema di rendere costante il carico alla centrale. Per raggiungere questo scopo si potrebbero installare alla officina generatrice macchine della potenza massima necessaria alla trazione, e nei momenti in cui ha sovrabbondanza di energia, mettere con questa in azione dei convertitori per caricare delle batterie poste al servizio di qualche industria.

In questo modo però crescono le spese d'impianto e i beneficî che il ricupero potrebbe dare sono in gran parte assorbiti dal basso rendimento della trasformazione e dall'aumento rilevantissimo delle spese di esercizio per la manutenzione degli accumulatori.

Un sistema forse un po' ardito, ma che studiato nei suoi particolari potrebbe recare dei grandi e reali vantaggi, sarebbe questo: nella centrale le generatrici abbiano una potenza corrispondente non

Digitized by Google

al carico massimo della trazione, ma ad un carico di poco superiore al medio. Di più sia nella centrale stessa installato un alternatore, che abbia calettata da una parte del suo albero una ruota Pelton, dall'altro una pompa. Quando si fa ricupero sulla linea, il di più dell'energia data dalle generatrici fa agire l'alternatore ausiliario da motore sincrono che mette in azione la pompa e innalza dell'acqua in un piccolo serbatoio posto a grande altezza; quando invece sulla linea non si trovano treni discendenti e occorre più energia di quella che in via normale e per tempi abbastanza lunghi si può ottenere dalla portata del canale, oltre all'esser messa fuori di funzionamento la pompa, entra in azione la ruota Pelton che fa funzionare l'alternatore sussidiario da generare.

Naturalmente questa disposizione servirebbe per le variazioni di carico di lunga durata, mentre alle variazioni istantanee supplirebbe l'acqua immagazzinata nel bacino principale di carico.

È certo che un impianto di questo genere darebbe luogo a difficoltà di costruzione e di regolazione, ma però queste difficoltà non saranno tali da non potersi praticamente superare.

***

Da quanto si è detto, si può allora dedurre che mentre con la corrente continua sono molto rari i casi in cui può essere conveniente, per fare il ricupero dell'energia, abbandonare il motore in serie che tanto bene si è prestato sinora negli impianti di trazione tramviaria, invece con le correnti trifasi, date certe opportunità di profilo, è possibile sempre e certamente vantaggioso fare il ricupero stesso in via normale.

Digitized by Google

N. 9.

SOPRA LA RILUTTANZA ESTERNA DI UN MAGNETE RETTILINEO

COMUNICAZIONE

*letta dall'***Ing. GIOVANNI ANFOSSI** *alla Sezione di Genova nella Seduta dell'11 marzo 1904.*

Un magnete rettilineo, il cui circuito si chiude attraverso all'aria, presenta una riluttanza che non è calcolabile *a priori* in funzione delle dimensioni del nucleo perchè nella nota formola (1):

$$4\pi ni = \Phi R = \Phi \sum \frac{l}{\mu s}$$

non si saprebbero che valori attribuire alla lunghezza ed alla sezione di quella parte di circuito che è al difuori del nucleo, e perchè in corrispondenza della riluttanza di questa porzione, che diremo riluttanza esterna, variano la permeabilità e l'induzione nel nucleo stesso.

La questione, importante non soltanto dal punto di vista teorico, ha dato origine presso i vari autori ad opinioni assai disparate. Alcuni, come il Thomson (2), ammettono, senza addurne le ragioni, che la riluttanza dell'intero circuito sia inversamente proporzionale alla *superficie* del nucleo di ferro, senza considerare nè la lunghezza, nè la sezione di questo.

Il Feldmann (3) propone per il valore della riluttanza esterna la seguente formola empirica:

$$R = \frac{1}{2\pi a}$$

dove a è il raggio della sfera che ha la stessa superficie della parte di nucleo che sporge da una parte del rocchetto. In altre parole, se

---

(1) Credo quasi superfluo indicare il significato dei simboli qui adottati: ni per gli ampergiri, Φ pel flusso totale, R per la riluttanza. l, μ, s rispettivamente per la lunghezza, permeabilità e sezione delle varie parti del circuito.

(2) S THOMSON, *L'electro-aimant*, Paris, 1895, pag. 225.

(3) FELDMANN, *Prüfung und Berechnung der Wechselstrom-Transformatoren*, Leipzig.

Digitized by Google

il nucleo è di sezione circolare di diametro d e sporge d'una lunghezza l (fig. 1) sarà:

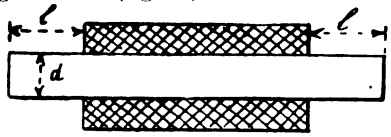


Fig. 1.

$$\frac{4}{3}\pi a^3 = \pi dl + \frac{1}{4}\pi d^2$$

Anche questa formola non tiene conto per nulla della lunghezza nè della sezione del nucleo. Inoltre non si capisce che cosa diventi nel caso che il nucleo sporga inegualmente dalle due parti del rocchetto, e che valore venga ad assumere a nel caso che il nucleo abbia, per esempio, una lunghezza minore del rocchetto.

L'Hospitalier (1) dà per il coefficiente d'autoinduzione di un rocchetto senza ferro e di grande lunghezza la formola

$$L = \frac{4\pi n^2 s}{l}$$

dove s e l sono la sezione e la lunghezza del rocchetto.

È facile vedere che qui la riluttanza della parte di circuito esterna al nucleo è supposta *a priori* uguale a zero.

Si è perfino agitata la questione, anche in una delle ultime assemblee generali, se tale riluttanza sia o no comparabile a quella del ferro. Difatti, quantunque l'aria, a parità di dimensioni, presenti al passaggio del flusso una resistenza incomparabilmente maggiore di quella del ferro, si potrebbe obbiettare che la sezione della parte aerea del circuito essendo teoricamente infinita, la riluttanza potrebbe non esserne grandissima.

Le considerazioni teoriche che seguono hanno appunto per iscopo di servire come contributo allo studio dell'interessante argomento.

***

La riluttanza esterna non dipende che dalle condizioni del mezzo ambiente; quindi senza considerare quale possa essere la distribuzione del campo nell'interno del magnete (2), nè di che materiale

(1) *Formulaire de l'électricien*, Paris, 1901, pag. 101.

(2) Cfr. A proposito: Ascoli, *Sopra la distribuzione del magnetismo indotto nel ferro*, Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, 1894, 1° sem., pag. 176, 377, 2° sem., pag. 157; *Sopra la reazione del magnetismo indotto sul campo induttore*, Ib. 1894, 1° sem., pag. 279; *Sul magnetismo dei cilindri di ferro*, Ib. 1894, 1° sem., pag. 314; *Sopra il fattore smagnetizzante nei cilindri di ferro*, Ib. 1894, 2° sem., pag. 190; *Sul fattore smagnetizzante nei fasci e nei cilindri*, Ib. 1897, 2° sem., pag. 129; *Sulla penetrazione del magnetismo nel ferro*, " Nuovo Cimento, „ t. VIII, pag. 32; ecc.

Digitized by Google

questo sia costituito, studieremo soltanto come si ripartisce il flusso esternamente ad esso e cercheremo se è possibile determinare la riluttanza del circuito esterno attribuendo valori appropriati alla lunghezza ed alla sezione di questo.

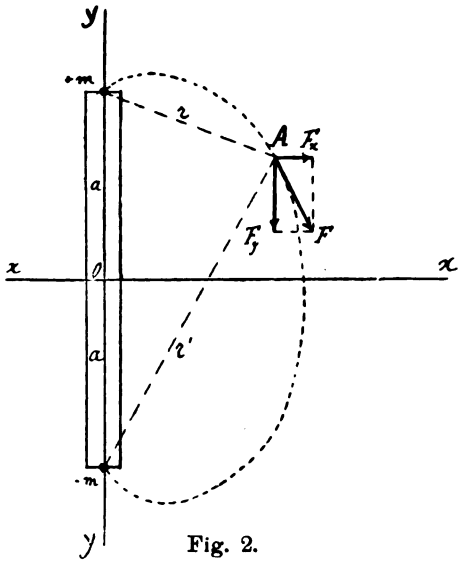


Fig. 2.

Consideriamo dapprima il caso d'un magnete rettilineo piuttosto lungo nel senso dell'asse, tale cioè che per semplicità lo si possa immaginare ridotto a due sole masse magnetiche $+ m$, $- m$. Il potenziale V dovuto ad esse, in un punto qualunque A sarà come è noto

$$V = m\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'}\right) = m\,(r^{-1} - r'^{-1})$$

dove r e r' sono le distanze del punto considerato dalle due masse (fig. 2). Le componenti F_x, F_y secondo gli assi della forza che si esercita in A saranno le derivate parziali di V rispetto a x e y:

$$\begin{cases} F_x = \dfrac{\partial V}{\partial x} = m\dfrac{\partial}{\partial x}(r^{-1} - r'^{-1}) = mx\left(\left[(a+y)^2 + x^2\right]^{-\frac{3}{2}} - \left[(a-y)^2 + x^2\right]^{-\frac{3}{2}}\right) \\ F_y = \dfrac{\partial V}{\partial y} = m\dfrac{\partial}{\partial y}(r^{-1} - r'^{-1}) = m\,(a+y)\left[(a+y)^2 + x^2\right]^{-\frac{3}{2}} + m\,(a-y)\left[(a-y)^2 + x^2\right]^{-\frac{3}{2}} \end{cases}$$

nelle quali a è la semilunghezza del magnete. La forza totale sarà evidentemente:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Ponendo in queste formole $y = 0$ avremo il valore delle componenti nel piano equatoriale xx:

$$[1] \qquad \begin{cases} F_x = 0 \\ F_y = 2am\,(a^2 + x^2)^{-\frac{3}{2}} = F \end{cases}$$

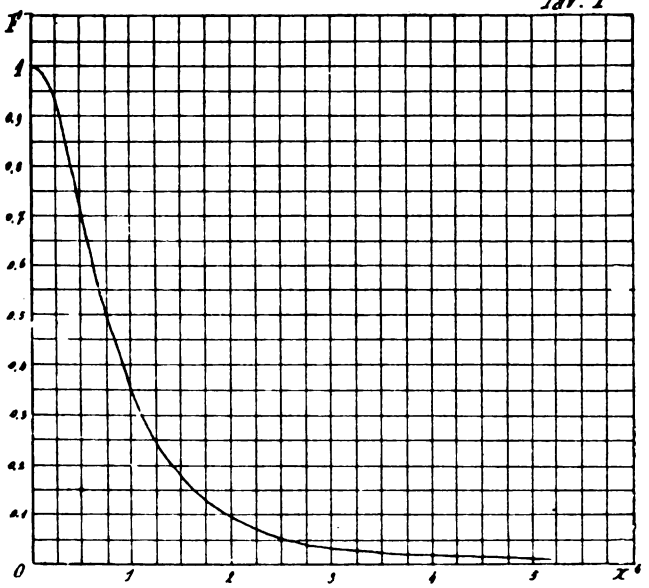
le quali ci dicono che in detto piano la forza è parallela all'asse del magnete, come del resto è evidente per ragioni di simmetria.

La [1] ci dà la legge con la quale varia l'intensità del campo nel piano equatoriale a seconda della distanza dall'asse e ci per-

Digitized by Google

mette di costruire la curva che esprime graficamente questa legge. (Vedi tav. I nella quale si è supposto $2m = 1$ e $a = 1$).

Tav. I



Tale curva taglia sull'asse delle F un segmento di lunghezza $\frac{2m}{a^2}$ è asintotica all'asse delle x ed ha un andamento rapidissimamente decrescente.

I valori di F alle varie distanze, supponendo sempre $2m = 1$ e $a = 1$, sono i seguenti:

$\frac{a}{x}$	F
0	1,000
0,5	0,714
1	0,357
2	0,090
3	0,032
4	0,014
5	0,0076
10	0,00095

Da questi risultati emerge intanto una conclusione importante. Le linee di forza si addensano nell'immediata vicinanza del magnete e solo un piccolissimo numero ne passa a qualche distanza da

Digitized by Google

esso; tanto che, come si vede, ad una distanza dall'asse quintupla della lunghezza del magnete il campo ha meno di $^1/_{1000}$ dell'intensità che esso ha sull'asse.

Le regioni lontane non prendono dunque che una parte minima nella trasmissione del flusso: è quasi come se non esistessero. Possiamo quindi fin d'ora argomentare da questo fatto, che quantunque la sezione della parte di circuito magnetico che si chiude attraverso l'aria sia teoricamente infinita, la sua riluttanza dovrà essere grande, e in generale maggiore di quella del ferro.

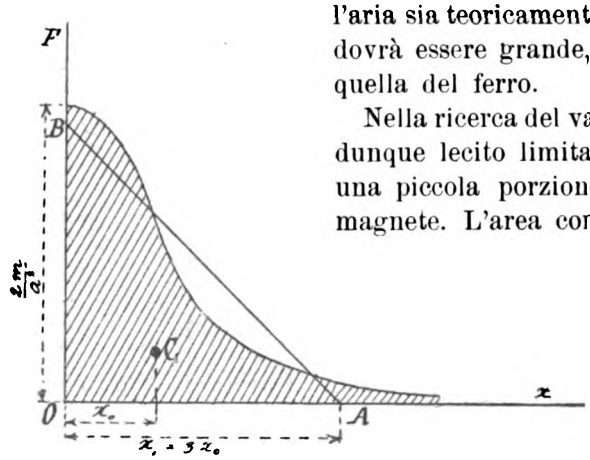


Fig. 3.

Nella ricerca del valore di tale riluttanza sarà dunque lecito limitarci alla considerazione di una piccola porzione dello spazio attorno al magnete. L'area compresa tra la curva $F(x)$ e gli assi (fig. 3), area che ci rappresenta la totalità delle linee di forza passanti in un piano meridiano qualunque, potremo quindi senza grave errore assimilarla ad un triangolo OAB avente la stessa superficie ed il baricentro C alla stessa distanza x_0 dall'asse. La base OA avrà evidentemente il valore $x_1 = 3x_0$.

Quest'ipotesi rinviene ad ammettere che l'intensità del campo decresca linearmente e che l'intero flusso sia limitato dal tubo di forza che taglia il piano equatoriale alla distanza $x_1 = OA$ dall'asse. Assumeremo come *lunghezza media* del circuito esterno al magnete la lunghezza della *linea di forza media,* di quella cioè che incontra il piano equatoriale alla stessa ascissa x_0 del baricentro, e come *sezione media* il volume racchiuso dal tubo di forza sopra menzionato, diviso per la lunghezza della linea di forza media.

Avendo la lunghezza e la sezione media così definite, il loro quoziente ci darà immediatamente la riluttanza esterna che andiamo cercando.

Dobbiamo quindi anzitutto procurarci l'area racchiusa tra la curva $F(x)$ e gli assi, e l'ascissa del suo baricentro.

L'area è data evidentemente da:

$$A = \int_0^\infty F dx = 2ma \int_0^\infty (a^2 + x^2)^{-\frac{3}{2}} dx = 2ma \left[\frac{1}{a^2} (1 + a^2 x^{-2})^{-\frac{1}{2}} \right]_0^\infty = \frac{2m}{a}$$

Digitized by Google

Il suo momento rispetto all'asse delle F è:

$$M = \int_0^\infty F x\,dx = 2ma \int_0^\infty (a^2+x^2)^{-\frac{3}{2}} x\,dx = 2ma \left[-(a^2+x^2)^{-\frac{1}{2}} \right]_0^\infty = 2m$$

Quindi l'ascissa x_0 del baricentro sarà:

$$x_0 = \frac{M}{A} = a$$

Essa cioè è uguale alla semilunghezza del magnete e non dipende da m.

***

Ci occorre ora cercare l'equazione delle linee di forza (1).

Immaginiamo per un momento una massa magnetica m situata al centro d'una sfera di raggio 1 (fig. 4). Seghiamo questa sfera con un sistema di piani paralleli che stacchino alla sua superficie tante calotte attraverso le quali il flusso abbia rispettivamente i valori 1, 2, 3, ... Alla calotta traverso a cui passa un flusso n corrisponde un semiangolo al centro α formato dall'asse xx e da una retta On che è una linea di forza e che diremo *linea di forza d'ordine n.*

Il flusso n sarà evidentemente proporzionale alla superficie della calotta, che è a sua volta proporzionale all'altezza PP', ossia a $1 - \cos\alpha$, e ricordando che attraverso all'intera superficie della sfera passa il flusso $4\pi m$ potremo porre:

$$\frac{n}{4\pi m} = \frac{1 - \cos\alpha}{2}$$

$$n = 2\pi m (1 - \cos\alpha)$$

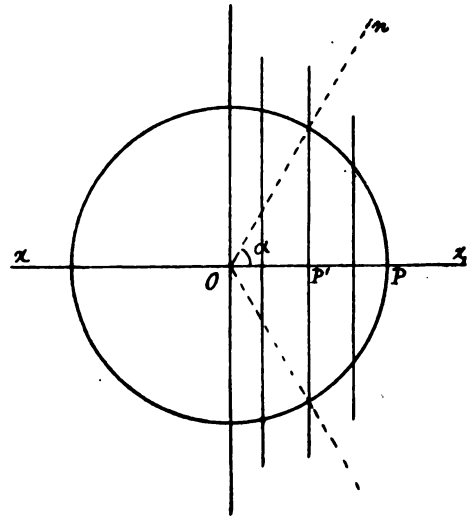


Fig. 4.

Torniamo ora al caso del nostro magnete ridotto alle due masse m, $-m$ (fig. 5).

Riferiamoci alla loro congiungente yy e conduciamo le rette On, $O'n'$, d'ordine rispettivamente n e n' che si incontreranno in un

(1) MASCART et JOUBERT, *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*, Paris, 1882, vol. I.

Digitized by Google

punto A. Siccome il campo è simmetrico rispetto al l'asse yy e può considerarsi come di rivoluzione attorno a quest'asse, il punto A descriverà un'intera circonferenza e si porterà dalla parte opposta della figura in A'. Attraverso a questa circonferenza passerà evidentemente un flusso $n + n' = N$.

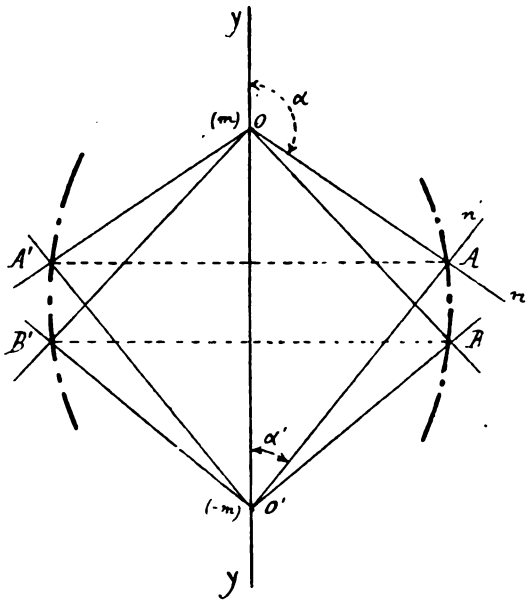


Fig. 5

Conduciamo ora le rette d'ordine $n + 1$, $n' - 1$. Avremo una nuova circonferenza BB' attraverso la quale passerà ancora lo stesso flusso N. Possiamo così continuare a trovare altre circonferenze attraverso le quali passi un flusso costante e che taglieranno il piano del disegno in punti derivanti dall'intersezione due a due delle rette i cui numeri d'ordine hanno per somma N. Il luogo di tutti questi punti costituirà due linee $AB\ldots$, $A'B'\ldots$ che formano la sezione meridiana d'una superficie di rivoluzione attraverso la quale il flusso resta costante e che perciò non è altro che un tubo di forza.

La linea AB è essa stessa una linea di forza e la sua equazione risulta dalla condizione posta che:

$$n + n' = N = \text{costante}$$
$$2\pi m\,(1 - \cos\alpha) - 2\pi m\,(1 - \cos\alpha') = N$$
$$\cos\alpha' - \cos\alpha = \frac{N}{2\pi m} = \text{cost.}$$

od in coordinate ortogonali, ricordando che (fig. 2):

$$\cos\alpha = \frac{y - \alpha}{r} \quad , \quad \cos\alpha' = \frac{y + a}{r'}$$

si deduce infine:

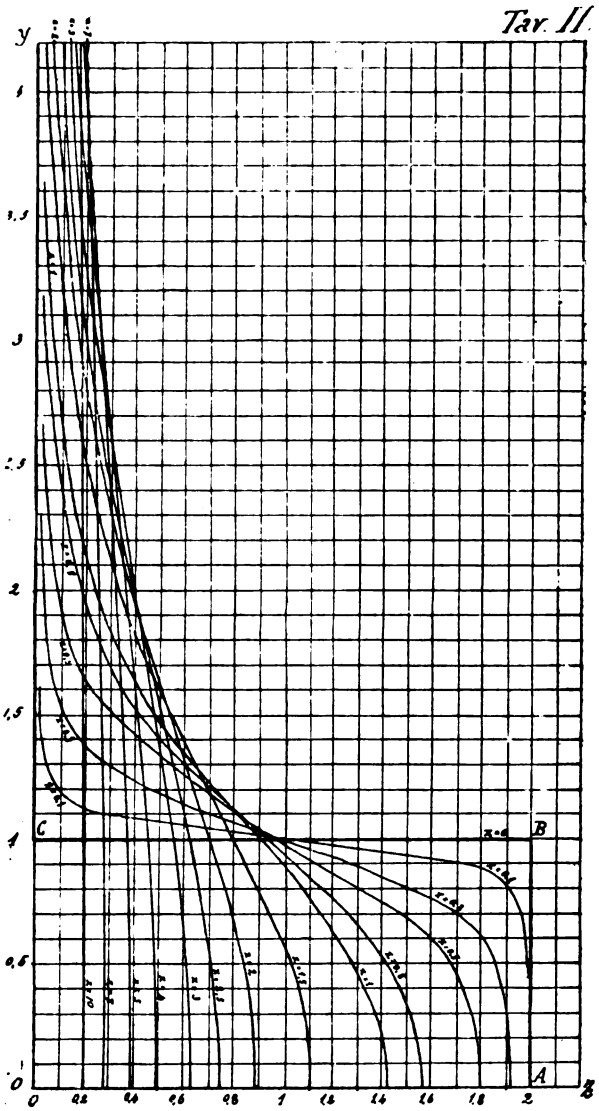
$$[2] \qquad \frac{y + a}{\sqrt{(a + y)^2 + x^2}} - \frac{y - a}{\sqrt{(a - y)^2 + x^2}} \frac{N}{2\pi m} = z$$

dove z è una costante. Quando m varia, varia corrispondentemente anche N, ed il primo membro rimane invariato.

Digitized by Google

È questa l'equazione delle linee di forza. Ma per poter graficamente tracciare le linee stesse, invece di ridurla a forma esplicita, conviene meglio procedere nel modo seguente.

Attribuiamo per un momento a x un determinato valore costante, e facciamo z variabile. L'equazione ci esprime allora la legge con cui varia y in funzione di z per quel dato valore di x, legge che potremo tradurre graficamente in una curva. (Vedi tav. II, costrutta, come la seguente, supponendo sempre $a = 1$).



Dando così successivamente a x una serie di valori diversi otterremo una serie di curve $y = f(z)$, avendo la quale sarà facilissimo costrurre una linea di forza qualsiasi. Basterà perciò, volendo tracciare la linea di forza a cui corrisponda $z = n$, condurre una retta parallelamente alla y e a distanza n da essa. Le sue intersezioni con le curve $y = f(z)$ forniranno immediatamente le coordinate di altrettanti punti della linea di forza cercata.

È facile interpretare il significato fisico delle curve $y = f(z)$.

Ciascuna di esse infatti esprime, a meno del fattore costante di proporzionalità $2\pi m$, il modo di variare del flusso attraverso alla

Digitized by Google

sezione retta di un cilindro coassiale al magnete ed avente per raggio quel determinato valore di x pel quale la curva stessa venne tracciata.

Le curve sono tutte asintotiche all'asse delle y, che costituisce esso stesso la linea corrispondente a $x = \infty$; mentre per $x = 0$ la curva si riduce alla spezzata $ABCy$. Tra questi due limiti sono intercalate tutte le altre curve. Il massimo valore che possa assumere z è, naturalmente, 2. L'inviluppo di tutte le curve è una linea che dà con le sue ordinate i valori massimi delle ordinate delle linee di forza.

Invece di supporre x costante nella [2], si sarebbe potuto supporre costante y e far variare x in funzione di z. Si sarebbe così ottenuta un'altra serie di curve $x = f(z)$ da cui si poteva passare in ugual modo alla costruzione delle linee di forza. In questo caso ciascuna delle curve esprimerebbe il valore del flusso che traversa dei cerchi di diverso raggio concentrici all'asse del magnete e tracciati in un piano parallelo al piano equatoriale e distante da esso di una data quantità. Pel piano equatoriale, ossia per $y = 0$, la curva, a meno sempre di un fattore di proporzionalità, non è altro che il diagramma della tav. I.

I due sistemi di curve offrono quindi una rappresentazione completa del campo e potrebbero venire utilizzati per la soluzione di vari problemi. Naturalmente, essi si equivalgono completamente l'uno all'altro.

***

La tav. III offre l'andamento di alcune linee di forza dedotte nel modo indicato.

Come si vede, a qualche distanza dall'asse esse si avvicinano alla forma ellittica, mentre le più prossime possono senza grave errore venire assimilate a degli archi di cerchio. Inoltre abbiamo anche qui la conferma del fatto che l'intensità del campo è rapidamente decrescente man mano che ci allontaniamo dall'asse.

Il valore di z corrispondente alla curva che incontra il piano equatoriale ad una data distanza x dall'asse risulta immediatamente dalla [2] ed è:

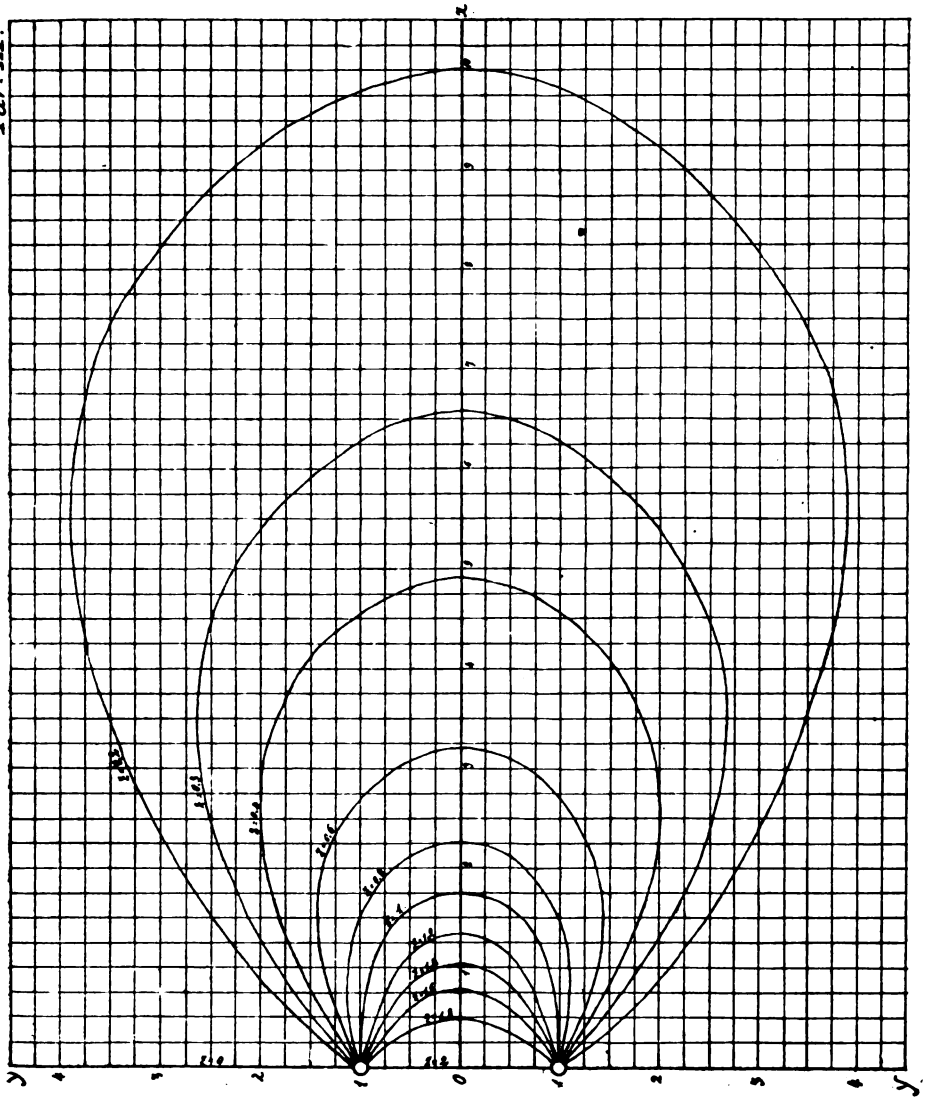
$$z = \frac{2a}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

Possiamo quindi costrurre le linee di forza che incontrano detto piano alle distanze x_0 e $x_1 = 3x_0$.

Digitized by Google

La lunghezza della prima è pochissimo diversa da quella di una semicirconferenza. Assumeremo perciò come *lunghezza media* del circuito che consideriamo il valore $\pi x_0 = \pi a = l$.

Tav. III.



L'area abbracciata dalla seconda, misurata graficamente, risulta uguale a 6,70 a^2 ed il suo baricentro cade a distanza di 1,39 a dall'asse.

La superficie di rivoluzione da essa generata racchiude dunque un volume di:

$$6{,}70\, a^2 \times 2\pi \times 1{,}39\, a = 18{,}6\, \pi a^3$$

Digitized by Google

La *sezione media* del circuito esterno sarà:

$$s = \frac{18{,}6\,\pi a^3}{\pi a} = 18{,}6\,a^2$$

La sua riluttanza avrebbe quindi per espressione:

$$[3] \qquad R = \frac{l}{s} = \frac{\pi a}{18{,}6\,a^2} = 0{,}169\,\frac{1}{a}$$

Essa è perciò inversamente proporzionale alla lunghezza del magnete. Se a è espresso in centimetri, R risulta espresso in unità C. G. S. Come poi è naturale, R è completamente indipendente da m, e quindi sia dagli ampergiri, come dalle proprietà magnetiche del materiale di cui può esser composto il nucleo.

Volendo avere la riluttanza dell'intero circuito magnetico, alla espressione ora trovata bisogna aggiungere la riluttanza del nucleo. Se questo è di materiale magnetico, la resistenza che presenta al passaggio del flusso dipende dall'induzione, e quindi dagli ampergiri. Tale determinazione, senza ricorrere ad un calcolo per tentativi come si fa usualmente, può farsi direttamente per via grafica con una costruzione analoga al diagramma di Hopkinson pel calcolo dell'eccitazione delle dinamo.

***

Naturalmente il valore dato dalla [3], dedotto supponendo il magnete ridotto a due masse magnetiche elementari, non è applicabile che nei casi che si avvicinino all'ipotesi teorica, cioè per magneti molto lunghi per rapporto alla loro sezione, cosicchè le dimensioni di questa si possano trascurare.

Inoltre la formola non può essere che approssimata perchè non si è tenuto conto di varie circostanze che influiscono più o meno a modificare la distribuzione del flusso traverso all'aria.

Così, per esempio, non tutto il flusso esce effettivamente dalle estremità del magnete, che si possono raffigurare come poli, ma una certa parte di esso esce anche dal tratto intermedio, contribuendo maggiormente ad addensare le linee di forza nell'immediata vicinanza del magnete.

Verosimilmente una certa influenza sull'andamento delle linee di forza dovrà pure averla la forma delle estremità del magnete, se questo è di ferro, dappoichè è noto che le linee di forza passando da un mezzo ad un altro, cambiano bruscamente direzione con legge analoga a quella della rifrazione della luce (1).

(1) La legge precisamente è la seguente: $\frac{\operatorname{tg}\vartheta}{\mu} = \frac{\operatorname{tg}\vartheta'}{\mu'}$, dove ϑ e ϑ' sono gli angoli d'incidenza e di riflessione, μ e μ' le permeabilità dei due mezzi. (MASCART, *Traité de magnétisme terrestre*, Paris, 1899, pag. 42).

Digitized by Google

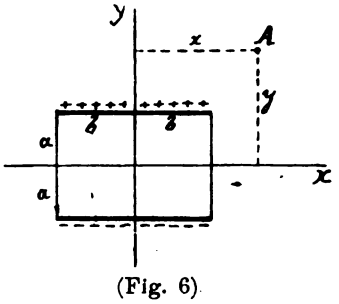
Tutte queste cause potranno concorrere a modificare il coefficiente numerico 0,169 della formola, ma il fatto dell'inversa proporzionalità alla lunghezza del magnete sussisterà sempre.

Quanto più sarà lungo l'elettromagnete, tanto minore sarà la riluttanza dell'aria; e per nuclei molto lunghi e di piccolissima sezione non è impossibile che l'aria venga ad avere una riluttanza dello stesso ordine di grandezza di quella del ferro, come pure può darsi che per un rocchetto senza nucleo, anch'esso di grande lunghezza e piccolissima sezione, la riluttanza interna sia talmente grande di fronte a quella esterna da rendere accettabile, per approssimazione, la formola dell'Hospitalier citata in principio. La formola stessa è rigorosa per lunghezze infinite, quando $R = 0$.

***

Resterebbe ora da esaminare il caso dei magneti che non siano molto lunghi per rapporto alle loro dimensioni trasversali, nel qual caso bisogna naturalmente tener conto anche di queste ultime.

La distribuzione del magnetismo libero sulle faccie estreme di un magnete non è, a rigore, uniforme, ma per approssimazione potremo supporla tale, tanto più che la cosa non può avere una grande influenza sul campo esterno. Il magnete si può allora immaginare ridotto, non più a due masse elementari, ma a due superficie uniformemente caricate l'una di masse positive, l'altra di masse negative; e con quest'ipotesi si può considerare il caso tanto di magneti rettilinei come di magneti comunque incurvati (fig. 6).



(Fig. 6)

Nel caso, che è il più frequente, di un magnete cilindrico a sezione circolare, riferendoci agli assi segnati in fig. 6, abbiamo che il potenziale in un punto di coordinate x, y dovuto a ciascuna delle basi è (1):

$$V = 2\pi\left(u - (y \pm a) - \frac{x^2}{2^2}\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{x^4}{(2.4)^2}\frac{d^4u}{dx^4} - \frac{x^6}{(2.4.6)^2}\frac{d^6u}{dx^6} + \ldots\right)$$

dove a è la semilunghezza e b il raggio del magnete, e

$$u = \sqrt{b^2 + (y \pm a)^2}$$

Il segno $\pm$ va scelto a seconda che la base considerata è dalla parte positiva o dalla parte negativa dell'asse delle y.

(1) Mascart et Joubert, op. cit., vol. I, pag. 400. Paris, 1882.

Digitized by Google

Seguendo un procedimento analogo a quello tenuto precedentemente si potrebbe anche qui cercare l'espressione del campo nel piano equatoriale, indi l'equazione delle linee di forza, per poi passare al valore della riluttanza esterna.

Verosimilmente però il procedimento analitico, oltre all'essere soverchiamente complicato, condurrebbe a risultati talmente lontani dal vero da non meritare che assai scarsa fiducia. Le cause perturbatrici che variamente influiscono sulla distribuzione del flusso, e delle quali non è possibile tener conto nel calcolo, sono infatti qui assai più numerose che nel caso precedente, e tali che soltanto una serie di determinazioni sperimentali convenientemente istituite potrà condurre a risultati attendibili.

In ogni modo però è probabile che la riluttanza esterna possa esprimersi sotto una forma assai semplice. Per magneti di egual sezione e diversa lunghezza la distribuzione del flusso sarà funzione unicamente di questa, quindi in base alle considerazioni precedenti essa varierà in ragione inversa della lunghezza. A parità di lunghezza invece la riluttanza diminuirà coll'aumentare del diametro secondo una legge che è difficile stabilire a priori, ma prossimamente secondo il quadrato.

Se dunque indichiamo con a la semilunghezza e con b il semidiametro del magnete, la riluttanza esterna potrà probabilmente esprimersi sotto una formola analoga alla seguente:

$$R = \frac{k}{b^2 a}$$

dove k è un coefficiente numerico da determinarsi sperimentalmente e che dovrà tener conto della forma della sezione del magnete e di quella delle sue estremità, del flusso che esce dal tratto intermedio, dello spessore dell'avvolgimento, e forse anche del rapporto tra b ed a. Una serie d'esperienze fatta pei singoli casi che più comunemente si presentano nella pratica permetterebbe di determinare una serie di valori di k coll'aiuto dei quali si potrebbe con sufficiente esattezza calcolare R per qualunque altro caso. Forse anche si sarebbe allora condotti a portare alla formola qualche modificazione.

Sono spiacente a questo riguardo di non aver potuto eseguire esperienze per trovare, almeno in qualche caso, l'ordine di grandezza di k e per verificare l'attendibilità della formola. Sarei grato a chi, avendo occasione di farlo, mi comunicasse i risultati ottenuti.

Digitized by Google

N. 10.

ALCUNE ESPERIENZE SULLE PILE CAMPIONE

COMUNICAZIONE

fatta dal **Dott. O. SCARPA** *alla Sezione di Firenze nella Seduta del 18 marzo 1904.*

Il campione di forza elettromotrice acquista sempre maggiore importanza col diffondersi dei metodi potenziometrici sia per l'uso pratico che per lo scientifico; e ormai gli studi compiuti specialmente in Germania per cura dei fisici del Reichsanstalt concordano sulla superiorità del tipo di Weston che possiede quasi tutti i requisiti richiesti da una pila campione. In Italia finora nessun fisico se n'è occupato pubblicamente e forse per questa ragione e anche perchè fra noi sono ancora molto diffusi i campioni Clark, i quali sia per *l'errore di temperatura* che per lente trasformazioni interne (specialmente nelle vecchie forme) presentano spesso un'incertezza superiore all'uno per mille, molti hanno una certa diffidenza ed anzi una contrarietà per tutti i campioni di forza elettromotrice.

Fra le condizioni a cui deve soddisfare una pila campione vi è la facilità della riproduzione con la certezza di ottenere una forza elettromotrice ben costante e determinata: specialmente per verificare fino a qual punto ciò si consegua nei campioni di Clark e di Weston, consigliato dal prof. Antonio Ròiti, ne ho fatto costruire alcuni esemplari seguendo per le Clark le istruzioni emanate dall'Accademia delle Scienze di New York in seguito al voto del Congresso di Chicago (1893), e quelle suggerite dai fisici del Reichsanstalt per le Weston.

Ho fatto montare da un giovane laureando, sotto la mia sorveglianza, tre esemplari Clark: uno del tipo verticale, uno del tipo ad H (Rayleigh) e uno del tipo del *Board of Trades* di Londra. Soltanto quest'ultimo fu di costruzione difficile e poco stabile, cosicchè si guastò e fu nuovamente ricostruito per ben tre volte, e finalmente abbandonato riserbando alle misure i due tipi precedenti.

Nel primo, il polo negativo è costituito da una bacchetta di zinco immerso in una soluzione satura di solfato di zinco neutralizzata con ossido di zinco e quindi trattata con solfato mercuroso secondo le reazioni:

$$H_2SO_4 + n\,ZnSO_4 + Zn(OH)_2 = (n+1)\,ZnSO_4 + 2\,H_2O$$
$$n\,ZnSO_4 + Zn(OH)_2 + Hg_2SO_4 = (n+1)\,ZnSO_4 + Hg_2O + H_2O$$

Digitized by Google

Al di sotto di questa soluzione si trova la pasta, costituita da solfato mercuroso, mercurio e cristalli di solfato di zinco; e infine il mercurio, che costituisce il polo positivo, nel quale fa capo un filino di platino saldato attraverso il fondo del recipiente.

Il secondo tipo ha invece al polo negativo una amalgama preparata sciogliendo a 100° in una capsula di porcellana 10 parti di zinco in 90 di mercurio, questa è sottoposta a uno strato di cristalli di solfato di zinco e in essa fa capo il filino di platino saldato attraverso il fondo del vaso; per il resto la costituzione è analoga alla precedente.

Le pile Weston sono della forma ad H, e ho usato al polo negativo una amalgama di una parte di cadmio in 13 parti di mercurio, a questa sovrasta uno strato di cristalli di solfato di cadmio. Al polo positivo vi è il mercurio e la solita pasta di mercurio, solfato mercuroso e cristalli di solfato di cadmio, il rimanente è riempito con una soluzione satura di solfato di cadmio.

Tutti i prodotti usati in queste pile provengono dalla fabbrica Kahlbaum di Berlino, e ne fu verificata la purezza, salvo il cadmio metallico che ho ottenuto dal solfato per elettrolisi a 40° C. facendolo deporre su una lastra di platino, e il mercurio che ho depurato trattando lungamente quello comune prima con una soluzione di acido solforico e bicromato di potassio, quindi con una di acido nitrico e infine lavando con grande quantità di acqua distillata, e quindi ho asciugato e distillato nel vuoto.

I recipienti di queste pile sono stati chiusi con tappi di sughero imbevuti di paraffina ben secca e quindi rinchiusi in barattoli di vetro attraverso al cui coperchio (pure di vetro) passano i fili dei poli, questi barattoli sono alla loro volta posti internamente ad altri di ottone nel cui coperchio di legno duro sono infissi i serrafili protetti da un largo collare di ebanite.

Le pile furono costruite nei mesi di febbraio e marzo 1903 e sottoposte a una serie continua di confronti pei primi 4 mesi e interrottamente in appresso fino ad oggi. Tutte le misure furono eseguite con un potenziometro Pasqualini dell'officina Galileo, e in generale la sensibilità fu di almeno 4 mm. della scala del galvanometro per 0.0001 volt di squilibrio al potenziometro.

In un primo periodo di misure le pile furono confrontate con la Weston originale n. 435, della quale fu ammessa la forza elettromotrice

$$E_t = 1.0186 - 0.000038\,(t - 20) - 0.00000065\,(t - 20)^2$$

e quindi a intervalli con questa la mia Weston 1 e continuamente le mie quattro pile fra di loro.

Digitized by Google

Volendo esaminare le pile nelle condizioni pratiche comuni non ho usato di bagni o altro per difenderle dalle variazioni della temperatura ambiente, ma ho determinato questa mediante un termometro diviso in decimi di grado posto in loro vicinanza, essa variò fra un massimo di 31° C. e un minimo di 14° circa.

Ho ottenuto così i risultati che brevemente riassumo:

Pila Clark, tipo verticale, n. 1 - Le misure per le due Clark furono ridotte a 15° mediante la formola:

$$E_t = E_{15} - 0.00119\,(t - 15) - 0.000007\,(t - 15)^2$$

Nei primi due giorni dalla costruzione la sua forza elettromotrice è discesa di 0.015 volt, fino a raggiungere un valore assai prossimo al medio.

Confrontata 8 volte nel periodo dei primi 25 giorni con la Weston n. 435 ha fornito il valor medio

1.43362 a 15°

con un massimo scarto di 0.00038 dal medio; quindi confrontata 17 volte nei successivi tre mesi con la Weston 1 ha fornito il valore medio

1.43406 a 15°

con uno scarto massimo di 0.00033 dal medio.

È stata costruita l'11 febbraio 1903 e il 20 marzo 1904 ha dato a 15° 1.43376; la sua resistenza interna, misurata col ponte di Kohlrausch, è di 150 ohm.

Pila Clark, tipo H, n. 2 - È stata costruita il 17 febbraio 1903, e mostrò subito una forza elettromotrice inferiore di 0.003 al suo valore medio, che raggiunse dopo un paio di giorni.

In due primi confronti con la Weston n. 435 mostrò il valore medio

1.43315 a 15°

con uno scarto massimo di 0.00005, e in sedici confronti, durante 3 mesi successivi, con la Weston 1 mostrò il valore medio

1.43365

con uno scarto massimo di 0.00075 sul medio.

Confrontata il 20 marzo 1904 diede 1.43411 a 15°.

Pile Weston, tipo ad H, nn. 1 e 2 - Furono costruite il 24 marzo 1903, e mostrarono quasi subito la loro forza elettromotrice di regime.

Digitized by Google

La n. 1 assunse il valore medio

1.01880 a 20°

con uno scarto massimo di 0.00020 dal medio, e la n. 2 il valore medio

1.01884

con uno scarto massimo di 0.00013 dal medio.

Confrontate ambedue il 6 novembre con la Weston originale n. 52, tarata dal Reichsanstalt mostrarono concordanza completa con questa, e si mantengono sempre eguali fra loro, tanto che nella misura del 20 marzo 1904 la differenza delle loro forze elettromotrici è inferiore a 0.00002. La loro resistenza interna (media) misurata col ponte di Kolhrausch è di 364 ohm a 15°.

Il rapporto fra i valori medi delle Clark a 15° e delle Weston a 20° sono 1.4075 per la Clark 1 e 1.4071 per la Clark 2; questo rapporto era stato trovato 1.4077 dal Taylor (1), 1.40663 da Kahle (2), 1.40658 da Barnes (3), 1.40669 da Jäger e Lindeck (4).

Le mie poche esperienze portano un contributo certamente piccolo per la conoscenza di questi elementi, ma ho creduto utile di darne la relazione poichè mostrano la facilità della loro riproduzione e perchè confermano la eccezionale bontà e la superiorità del tipo di Weston intorno al quale Jäger e Lindeck (5) hanno perciò con molta ragione concluso:

« Das Weston'sche Cadmiumelement ist in hervorragender Weise « als Normalelement brauchbar » (6).

Firenze, R. Istituto di studi superiori.

---

(1) *Physical Review*, 1898.

(2) *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1898.

(3) *Journal of Physical Chemistry*, 1900.

(4) *Drude's Annalen*, 1901.

(5) *Drude's Annalen*, 1901.

(6) Col gentile permesso del prof. Luigi Pasqualini ho potuto confrontare il 21 marzo u. s. alcune delle mie pile con i campioni conservati nell'ufficio di taratura dell'Officina Galileo, e riporto i risultati ottenuti per la mia Weston 1 poichè quelli per le Clark hanno meno valore non avendo preso speciali precauzioni per conoscerne la temperatura vera:

Temperatura 14°.2.

Weston originale n. 70	= 1.01880
„ „ n. 93	= 1.01890
Weston 1	= 1.01880

Il valore fornito dal costruttore per la Weston n. 70 a 20° è 1.01905 e quello da me usato per il calcolo è 1.0186.

Digitized by Google

N. II.

SULLA DISTRIBUZIONE DEL CAMPO MAGNETICO
NEL TRAFERRO DELLE ELETTROCALAMITE WEISS

(Rettifica alla lettura fatta alla Sezione di Firenze l'11 dicembre 1903)

COMUNICAZIONE

letta dal **Dott. O. SCARPA** *alla Sezione di Firenze*
nella Seduta del 18 marzo 1904.

Espongo ora i risultati ottenuti nel seguito delle esperienze che formarono oggetto della precedente lettura, poichè essi in parte li completano e in parte li correggono.

Avevo allora ottenuto un risultato che appariva non conforme alla teoria della distribuzione del magnetismo libero sulle superfici polari, esso consisteva in un debole aumento del campo sull'asse delle espansioni di maggior diametro. Ho quindi cercato di meglio assicurarmene col mezzo di due altre spirali indotte appositamente costruite; e avendole usate nelle stesse condizioni della prima ho trovato la conferma in posizione e grandezza di tutte le altre singolarità meno l'aumento del campo sull'asse delle espansioni massiccie.

Dopo essermi assicurato della inesistenza di altre cause di errore ho dovuto convincermi che questo aumento dipendeva dalla spirale allora usata, che agiva come se la sua area fosse andata soggetta a una diminuzione (circa l'1 per 100) mentre essa si spostava dall'asse a una distanza di circa 15 mm.

Infatti, salvo nel primo tratto di 15 mm. circa le curve determinate con le nuove spirali si sovrappongono esattamente (entro ai limiti degli errori sperimentali) alle prime. D'altronde devo notare che in causa di un guasto i due capi della prima spirale (fino allora attorcigliati) erano stati saldati (a circa 20 mm. dalla spirale) con due fili molto più grossi (0.3 mm. d.) separati da un foglio di mica di 0.2 mm. e mantenuti paralleli per circa 20 mm. avanti di attorcigliarsi fino agli attacchi del galvanometro.

In condizioni normali l'area racchiusa nel tratto non attorcigliato era trascurabile rispetto a quella della bobina, ma nell'applicazione a caldo del mastice (in cui tutto era immerso) essi purtroppo de-

Digitized by Google

vono essersi spostati fino a racchiudere l'area di errore che disgraziatamente ebbe segno positivo! (1)

Avendo poi smontata e rimontata la bobina sullo stesso sostegno ma in modo da avviluppare i fili in tutta la loro lunghezza ho trovato che essa aveva perduta l'attitudine a presentare il fenomeno surriferito.

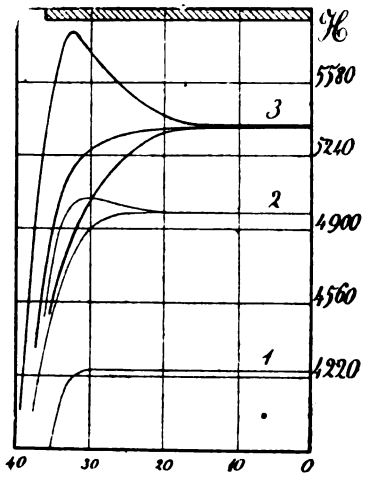
Confrontando le nuove misure con le precedenti si ricava:

1° Per le espansioni di 52 mm. d. e traferro 26 mm. nella regione a loro aderente il campo si mantiene uniforme per un raggio di circa 12 mm. attorno all'asse, mentre nel mezzo del traferro soltanto per un raggio di circa 7 mm.; ho poi verificato che in questa ultima regione il campo è meno intenso che nella prima.

2° Con le stesse espansioni e i traferri di 13 mm. e 7 mm. il campo è uniforme per un raggio di circa 15 mm. attorno all'asse.

3° Sono confermate tutte le singolarità osservate negli altri casi.

Ho quindi determinata la distribuzione del campo nel caso delle espansioni cilindriche piane di 72 mm. d. e ho rappresentato i risultati nelle seguenti curve.



La inferiore (1) si riferisce al traferro di 7 mm.; le due al traferro di 13 mm. e alle distanze di 0 mm. e di 4.5 mm. dalla superiore delle espansioni; le 3 al traferro 26 mm. e alle distanze 0, 4 5 mm., 11 mm.

Firenze, R. Istituto di studi superiori.

---

(1) Si potrebbe pensare che quest'area fosse rappresentata da una scheggia di ferro insinuatasi fra i fili, ma è facile dimostrare che le dimensioni di questa scheggia, compatibilmente con la permeabilità del ferro nel campo sperimentato (e anche alla forza smagnetizzante) sarebbero state tali da renderla necessariamente visibile; per maggior scrupolo ho misurato la suscettività magnetica del filo di rame coperto di seta (di 0.3 mm.) ed ho trovato:

$$+1.5\ 10^{-5}$$

quella del mastice (cera e pece greca) ed ho trovato

$$+0.63\ 10^{-6}$$

e quella dell'ebanite del sostegno:

$$+20\ 10^{-7}$$

Digitized by Google

CONFERENZE

N. 12.

LA TRAZIONE FERROVIARIA ELETTRICA SULLE LINEE VALTELLINESI

SUNTO

della conferenza tenuta alla Sezione di Napoli dal **Prof. Ing. CARLO MONTÙ** *nella Seduta del 30 gennaio 1904.*

La sera del 30 gennaio, aprendo la serie di conferenze e di comunicazioni stabilita anche quest'anno dalla Sezione di Napoli, il prof. ing. Carlo Montù descrisse il sistema di trazione ferroviaria elettrica per alti potenziali applicato dalla Casa Ganz di Budapest alle linee valtellinesi. La conferenza, tenuta nell'ampio anfiteatro di chimica della R. Scuola di applicazione per gl'ingegneri, fu accompagnata da numerose proiezioni illustrative dei paesaggi dove la linea si svolge, delle macchine e dei particolari dell'impianto.

Ricordate le precedenti e dotte monografie degl'ingegneri Gianfranceschi, dott. Magrini e Manfredini, il conferenziere si propose di descrivere essenzialmente quei maggiori particolari costruttivi che, felicemente e lungamente studiati, portarono alla felice riuscita nell'applicazione di questo sistema, e così, accennato ai gruppi turboalternatori coassioli già installati, notò l'*eccitazione* delle eccitatrici assolutamente indipendente, la regolazione delle turbine, il valore basso della frequenza assunto per diminuire i presumibili notevoli effetti di induttanza, la costituzione perfetta dell'isolante dei fili per sopportare senza deteriorarsi un corto circuito di anche due minuti primi.

Sulla formazione e composizione del quadro di distribuzione rilevò precipuamente le misure di sicurezza adottate ricorrendo a strumenti montati tutti sulla bassa tensione, e descrisse minutamente lo speciale scaricatore a getti d'acqua per cui è permanentemente assicurata una via alla terra dalla linea primaria alle scariche non violente, alle sopraelevazioni eventuali di tensione. Accennò poi ai vari tipi di isolatori, e descrisse la minuziosa verifica cui furono sottoposti quelli d'attacco dei fili di contatto centrali ricorrendo ai raggi Roentgen. Rilevato come il filo di contatto può

Digitized by Google

spostarsi senza esser sottoposto ad alcun sforzo di flessione e di torsione, e come la linea di contatto sia completamente priva di saldature, dimostrò la efficacia dell'isolamento fra le due condutture, descrivendo poi minutamente l'artificio cui si ricorse per evitare il corto circuito sopra uno dei rulli del trolley quando negli scambi i motori trifasi vengono a funzionare da monofasi. Circa le stazioni di trasformazione che possono lavorare tutte in parallelo suddividendosi il carico, dimostrò la possibilità dell'esclusione di alcuna di esse senza eccessivo sovraccarico e senza necessità d'interruzione nel servizio. Accennato al calettamento a biglie dei rulli del trolley per diminuire l'attrito, parlò della manovra pronta dei trolley stessi e quindi delle disposizioni di sicurezza adottate per ovviare a qualunque difetto d'isolamento nei cavi di adduzione della corrente dai trolley ai motori. Circa l'interruttore principale accessibile solo a trolley abbassato, il conferenziere notò la funzione antiarco della rarefazione d'aria nelle bucole all'atto del distacco dei contatti, e descrisse minutamente il funzionamento dei motori in cascata, dimostrando fra quali limiti si possa farne variar la velocità coll'inserzione di speciali resistenze liquide su quelli a bassa tensione.

Sul funzionamento dei motori asincroni e sulla possibilità di autorigenerazione d'energia il prof. Montù intrattenne specialmente l'uditorio riportando curve a rappresentare la velocità e lo spazio percorso da un treno nell'inserzione in cascata, durante il periodo di accelerazione pari a cm. 47 per secondo: in altri diagrammi denunziò i risultati di esperienze tendenti ad individuare l'andamento della velocità nelle diverse fasi di avviamento, di marcia e di autofrenamento elettrico ed arresto meccanico, nonchè quelle riproducenti l'energia e le correnti assorbite e restituite durante la marcia indicata prima. Accennato poi alla costruzione delle attuali locomotive e di quelle che dovranno servire per il servizio di trazione esteso al tronco Lecco-Milano, che la Società per le Ferrovie Meridionali chiede di trasformare in elettrico, raggiungendo con questo sistema le grandi velocità, il conferenziere descrisse le prove di collaudo e di esercizio che si compiono nell'officina di Lecco, notando come uno speciale trasformatore permetta di raggiungere in salita le tensioni di 3000, 6000, 9000 e 12,000 volt. Interessantissima riuscì la rievocazione illustrata delle varie fasi di impianto della linea e degli studi eseguiti precedentemente dalla casa Ganz ad Evian e nell'isola di O'Buda sul Danubio, e per ultimo fu salutata con calorosi applausi all'apparire di una riuscitissima proiezione,

Digitized by Google

l'immagine gloriosa di Galileo Ferraris, che di questa nuova applicazione delle correnti polifasi, dei motori asincroni, delle alte tensioni e della trasformazione loro è il Genio conquistatore, il divinatore immortale!

Rivolgendo un saluto ed un plauso alla Société per le Ferrovie Meridionali, alla Società per la trazione elettrica, alla Casa Ganz, rappresentata a Lecco dall'ing. Pontecorvo, il prof. Montù rileva l'importanza delle nostre scuole di elettrotecnica, che hanno formato tecnici tanto sapientemente arditi, e, coll'augurio che per la direttissima Roma-Napoli tali importanti argomenti siano presi in considerazione per progettare e attuare finalmente una linea d'urgenza tanto sentita pel risveglio economico del Mezzogiorno, chiude l'interessante comunicazione dopo esser riuscito a cattivarsi per più di un'ora l'attenzione benevola dello scelto uditorio.

Digitized by Google

N. 13.

SULLE DIFFERENTI FORME DI RADIOATTIVITÀ

E LE PROPRIETÀ FISICHE DEL RADIO

SUNTO

della conferenza sperimentale tenuta dal **Prof. L. LOMBARDI** *alla Sezione di Napoli il 24 marzo 1904.*

L'autore rievoca primieramente la viva impressione di sorpresa, che l'annunzio dei nuovi fenomeni, dovuti alle sostanze radioattive, ha suscitato nel mondo intelligente, e la necessità che questi vengano sottoposti ad una discussione rigorosa per sceverare dalle illusioni fantastiche le nuove conquiste della scienza. Egli si propone pertanto di esporre ed illustrare con una brevissima rassegna i principali fenomeni fisici che si rivelarono in precedenza con un'analogia diretta a quelli odiernamente studiati, riservando al collega prof. Rebuffat di trattare diffusamente in una conferenza ulteriore delle proprietà chimiche del radio.

Vengono così brevemente descritti dal conferenziere, ed illustrati con apposite esperienze, i principali fenomeni che accompagnano la scarica elettrica nei gas a pressione normale ed a pressione minore della atmosferica; facendo risaltare le analogie di comportamento delle sorgenti continue di elettricità, come le macchine elettrostatiche, e degli ordinari apparecchi di induzione, tipo Ruhmkorff, in contrasto coi fenomeni che si manifestano in presenza delle correnti oscillatorie di grandissima frequenza. Della corrente continua di scarica che origina in un recipiente ad aria rarefatta dal secondario di un rocchetto di Ruhmkorff viene dimostrata la rotazione continua nel campo di una elettrocalamita mediante un apparecchio del De La Rive, e l'aspetto diverso della scarica sotto diverse pressioni mediante una serie di tubi a rarefazione crescente, oltrechè mediante un tubo ad esaurimento diretto e graduale.

Dei raggi catodici vengono dimostrate le principali proprietà mediante una serie di esperimenti con tubi di Crookes a grande rarefazione: la propagazione rettilinea, e la deviazione nel campo magnetico; lo sviluppo di calore e gli effetti di fluorescenza; le azioni meccaniche e la produzione dei raggi di Roentgen. Con questi

Digitized by Google

vengono eseguite le esperienze ben note di penetrazione attraverso a sostanze diverse, e di proiezioni radiografiche. Viene stabilita l'analogia diretta fra i fenomeni di jonizzazione in presenza di una sorgente luminosa molto ricca di raggi ultravioletti (lampada ad arco con elettrodo positivo di zinco), di un tubo di Roentgen fortemente eccitato, e di piccoli campioni di sostanza radioattiva. Per la luce ultravioletta ed i raggi X viene rivelata la differenza fra il primo e secondo fenomeno, studiati da Sella e Majorana, osservando l'azione sulla scarica disruptiva mediante uno spinterometro differenziale, con due coppie di sferedi raggio molto diverso, e con lo spinterometro a lamina piana di alluminio, attraverso alla quale l'azione dei raggi X si rivela modificando sostanzialmente la distanza esplosiva.

L'azione jonizzante dei raggi X è dimostrata mediante la scarica di un elettroscopio collocato alla distanza di parecchi metri, e la diselettrificazione di un bastone di ebanite fortemente elettrizzato. Quella delle sostanze radioattive è parimenti messa in chiaro mediante la variazione della distanza esplosiva allo spinterometro differenziale, e la scarica dell'elettroscopio. Vengono caratterizzate le differenze di penetrazione delle radiazioni emesse da un bastone di rame rivestito di radiotellurio, e da un tubetto di vetro contenente alcuni milligrammi di bromuro di radio, interponendo schermi di diverso spessore e di sostanza diversa. La permanenza dell'azione jonizzatrice nell'aria è rivelata con una esperienza del prof. Villari, adducendo all'elettroscopio l'aria che fu jonizzata con le sostanze radioattive attraverso ad un lungo tubo di vetro. In presenza delle stesse sostanze radioattive viene dimostrata la diselettrificazione di un bastone di ebanite.

Vengono finalmente distinte le forme diverse di radiazione emesse dal polonio e dal radio, caratterizzandone la diversa penetrazione e deviabilità nel campo magnetico, e vengono ragguagliate per i fenomeni da esse prodotti, e la velocità da cui sono affette, ai raggi catodici ed a quelli anodici dei tubi a rarefazione, ed alle radiazioni di Roentgen e di luce ultravioletta.

Avendo brevemente chiariti i concetti fondamentali della materia radiante, enunciati da Crookes, e della teoria degli elettroni in quanto essa si adatta a spiegare i fenomeni principali della dissociazione elettrolitica e della jonizzazione dei gas, il conferenziere viene a segnalare le ipotesi principali modernamente enunciate per dare la spiegazione dei fenomeni più importanti che si rivelano in presenza delle sostanze radioattive: la jonizzazione dell'aria in proporzioni

Digitized by Google

diverse per le diverse sostanze, e la produzione di luce e di calore senza alcuna diminuzione apparente di peso. Alla semplice stregua dei fenomeni finora osservati non appare possibile discernere con sicurezza fra le due ipotesi più verosimili: la estrinsecazione di una parte dell'energia interna della sostanza nell'atto in cui si modifica lo stato di aggregazione atomica per la separazione degli elettroni, originando eventualmente nuove forme di aggregazione e nuove sostanze, e l'assorbimento di una quantità di energia propagantesi attraverso ai mezzi esterni con un meccanismo di vibrazioni eteree non peranco conosciuto.

Nessuna delle due ipotesi contraddice ai concetti fondamentali della meccanica e della termodinamica, poichè la trasformazione della materia non implica la distruzione sua, anche se nelle forme nuove che si appalesano la materia si rivela con proprietà nuove, che la chimica atomica non riesce a spiegare; e l'energia indistruttibile può avere sede in un mezzo od assumere forme che per ora ci sono completamente sconosciute.

Che se la massa competente alle particelle che si separano dal catodo di un tubo a rarefazione, o che appaiono mobili nelle radiazioni analoghe, non dovesse avere una propria esistenza materiale, ma i fenomeni di inerzia risultassero esclusivamente dalle azioni elettromagnetiche dovute alle cariche elettriche, il distacco degli elettroni non causerebbe in verità alcuna diminuzione della massa atomica materiale. Questa stessa si potrebbe d'altronde concepire avente un'esistenza puramente fittizia, per la stessa origine elettromagnetica, dal che non solo origenerebbe la trasformabilità della materia, ma l'identità di essa con l'energia, ognuna delle quali la scienza moderna ha ferme ragioni per ritenere nel tempo e nello spazio indistruttibile.

Digitized by Google

N. 14.

SULLE PROPRIETÀ CHIMICHE DEL RADIO

SUNTO

della Conferenza tenuta dal **Prof. O. REBUFFAT** *alla A. E. I. Sezione di Napoli il 26 marzo 1904.*

Il professore Lombardi ha, in una precedente conferenza, illustrato tutto quell'assieme di fatti e di teorie che servono di base alla comprensione dei fenomeni tanto sorprendenti che ci sono presentati dal radio e dai corpi radio-attivi; il prof. Rebuffat si propone di descrivere quel poco che si conosce delle proprietà chimiche del radio e dei corpi affini.

Il materiale da cui si estrae il radio è la pechblenda, che è un minerale tenente dal 68 all'80 % di ossidi di uranio, non che in proporzioni diverse gran parte degli elementi conosciuti. La pechblenda è da molto tempo utilizzata per l'estrazione dell'uranio, che fornisce alcune materie coloranti alla vetreria ed alla ceramica. Ciò che resta dopo l'estrazione dell'uranio forma oggi la materia prima per l'estrazione del radio e corpi affini.

Quando Becquerel scovrì la radio-attività dei composti di uranio, studiando diversi minerali di questo elemento si vide che alcuni di essi presentavano una radio-attività superiore a quella dell'uranio metallico, e se ne dedusse che l'uranio si doveva trovare in questi minerali in uno stato speciale, o che tali minerali dovevano contenere un altro elemento di radio-attività superiore a quella dell'uranio. Le ricerche intraprese dalla signora Curie per risolvere questo quesito condussero alla scoverta del radio e dei suoi affini.

La materia prima per la preparazione del radio è il residuo che si ha dal trattamento della pechblenda, formato principalmente da solfati. Questo residuo si lava con potassa caustica poi con HCl, si tratta col carbonato sodico per trasformare i solfati in carbonati, si ridiscioglie in HCl, si purifica per trattamento con H_2S o con NH_3, e si trasforma di nuovo in solfato e poi in carbonato ed in cloruro, ottenendo infine per ogni tonnellata di residui 8 chilogrammi di cloruro di bario radifero a 60 unità uraniche. Per separare il radio da questo cloruro si fa uso della proprietà che i sali di radio hanno di

Digitized by Google

essere meno solubili di quelli di bario, impiegando la cristallizzazione frazionata.

L'operazione è molto laboriosa; da 8-10 chilogrammi di cloruro di bario radifero si arriva ad avere meno di un grammo di sale di radio puro.

Il radio è stato scoverto dai signori Curie e Bémont nel dicembre del 1898.

Il radio è un metallo che per le sue proprietà si mostra affine al bario e va compreso perciò nel gruppo dei metalli alcalino-terrosi. La signora Curie ne ha determinato il peso atomico in 225, supponendo al cloruro, per analogia col cloruro di bario, la formola $Ra\,Cl_2$. Pare che il cloruro di radio cristallizzi con due molecole di acqua come il cloruro di bario, e secondo Markwald i cloruri e i bromuri dei due metalli sono isomorfi. Si sa che nei metalli alcalino-terrosi la solubilità di molti sali va decrescendo col crescere del peso atomico; il radio non fa eccezione a questa regola; i suoi sali sono meno solubili di quelli di bario. Solo il nitrato di radio pare abbia la stessa solubilità del nitrato baritico.

Si ha una differenza nelle proprietà magnetiche fra i sali di bario e quelli di radio. Infatti il cloruro di radio è paramagnetico e quello di bario diamagnetico.

Lo spettro di scintilla del radio è concentrato nella regione bleu e violetta dove fra le righe più luminose si notano quelle di lunghezza d'onda 381.47, 468.30, 434.06.

La fiamma è colorata in rosso dai sali di radio, e lo spettro di fiamma secondo il Giesel comprende due fasce rosse, una indaco e due violette.

I sali di radio ci presentano poi proprietà che mancano ai sali di bario perchè radio-attivi, vale a dire che ionizzano i gas in modo molto intenso, presentano una azione radiografica (azione sulle lastre fotografiche) ed eccitano la fluorescenza del solfuro di zinco esagonale, del platino cianuro di bario, del diamante e di molte altre sostanze.

Alcuni sali di radio hanno inoltre la proprietà di essere spontaneamenle luminosi e di emettere calore. Queste due proprietà sono quelle che hanno in particolar modo destato l'interesse generale per le nuove sostanze.

La radio-attività produce su alcune sostanze degli effetti rimarchevoli: così il vetro esposto all'azione dei sali di radio diventa violetto, e perde questo colore solo quando vien fortemente riscaldato, nel qual caso diviene momentaneamente luminoso. I tessuti animali

Digitized by Google

vengono mortificati allo stesso modo che dai raggi Roentgen, però in modo molto meno intenso. La carta diviene fragile. Si hanno pure reazioni chimiche notevoli: così il fosforo bianco è trasformato in rosso, l'ossigeno è trasformato in ozono, ecc. La luminosità dei sali di radio non si manifesta in tutte le preparazioni allo stesso modo. Nei sali di radio puri è dapprincipio molto intensa, ma diventa in breve violacea e s'indebolisce rapidamente a causa della rapida decomposizione del sale. Il cloruro di radio di recente preparazione sviluppa calore spontaneamente, ed arriva a fondere in un'ora il proprio peso di ghiaccio, sicchè sviluppa 80 calorie (piccole) all'ora. Non è stato però determinato il tempo durante il quale il sale di radio può dare questo calore; ciò che è molto importante, poichè lo stesso sale si decompone spontaneamente in un tempo relativamente breve. Una soluzione di bromuro di *Ba* e *Ra* messa in una campanella di vetro dà uno svolgimento di gas, mentre il liquido imbrunisce perchè del *Br* si mette in libertà e la soluzione s'intorbida. Il gas che si svolge contiene 78 % di *H* e 17 % di *O*.

I sali di radio si decompongono anche allo stato solido. Conservando del cloruro o del bromuro di radio in un'ampollina saldata alla lampada, nel riaprire dopo qualche tempo l'ampollina si osserva una considerabile pressione interna, dovuta a gas sprigionantesi dalla sostanza. I Curie hanno avuto esplosioni dovute al troppo rapido sprigionamento di questo gas. Nel gas che si svolge dai sali di radio si trovano ossigeno, idrogeno, azoto, bromo per il bromuro, composti ossigenati del cloro per il cloruro, ed il Ramsay vi ha trovato anche dell'elio.

Sciogliendo un sale di radio nell'acqua si ha sempre svolgimento di bollicine gassose dovute al gas che stava accluso nella sostanza. I sali di radio presentano anche una proprietà che manca ai sali di bario, cioè quella di dare la cosiddetta emanazione.

Se un bicchiere contenente la soluzione di un sale di radio si chiude per qualche tempo in una scatola con dei corpi estranei, come vetro, paraffina, ebanite, ecc., questi acquistano la proprietà di diventare radio-attivi per qualche tempo: è la cosiddetta radio-attività indottta. Studiando questo fenomeno si è scoverto che dalle soluzioni di sale (ma anche dai sali solidi) di radio si sprigiona in piccola quantità una materia gassosa particolare, la cosiddetta *emanazione* che può fissarsi per qualche tempo su altre sostanze rendendole radio-attive. Secondo Rutherford la densità dell'emanazione non è inferiore a quella dell'anidride carbonica. L'emanazione si condensa nell'aria liquida a — 100, — 150, e pare che si decomponga

Digitized by Google

dando dell'elio. Secondo lo stesso Rutherford, nella decomposizione della emanazione si ha sviluppo di calore, e pare che di tutto il calore svolto da un sale di radio la parte più forte spetti alla decomposizione dell'emanazione. Lo sviluppo dell'emanazione avviene con modalità speciali non ancora perfettamente conosciute; sembra come se il corpo radio-attivo possa riprodurre in determinate circostanze l'emanazione. Se si arroventa un sale di radio, lo stesso subito dopo non mostra quasi più alcuna radio-attività, ma la riacquista lentamente e dopo qualche tempo è divenuto più radio-attivo di quel che fosse prima dell'arroventamento.

Se si distilla una soluzione di un sale di radio, l'acqua distillata è radio-attiva, mentre il sale che resta non è dapprima più radio-attivo, e lo ridiventa solo dopo qualche tempo.

Se si abbandona una soluzione di radio in un recipiente aperto la soluzione perde dopo qualche tempo tutta la sua radio-attività, ma può riacquistarla se la si chiude in un recipiente saldato alla lampada.

La presenza dell'emanazione si può constatare in due modi cioè, sia con la fluorescenza che eccita nel solfuro di zinco esagonale, sia con luminosità propria che acquista sotto l'influenza di debolissime scariche elettriche.

L'azione radiografica dei sali di radio puri è molto intensa.

Se si prende una lastra sensibile avvolta in carta nera ed un tubicino contenente alcuni milligrammi di sali di radio, pure avvolto in carta nera, si può, facendo scorrere il tubicino nella lastra, tracciare in questa delle linee e delle parole che si rivelano sviluppando la negativa.

L'azione dei sali di radio sui corpi fluorescenti è dimostrata in modo assai interessante dallo spintariscopio di Crookes, nel quale strumento trovasi uno schermetto spalmato di solfuro di zinco, sul quale agisce a piccolissima distanza una particella di sale di radio, sostenuta da un indice metallico. Osservando con una lente, si vede come una pioggia di scintillette dovute allo sfaldamento dei cristallini di solfuro di zinco sotto l'influenza dei raggi emanati dai sali di radio.

Il radio non è l'unico corpo radio-attivo che oggi si conosca; una debole, ma costante radio-attività è posseduta dall'uranio e dai suoi sali, anzi alcuni sali di uranio (solfato doppio di uranile e potassio) sono pure debolmente luminosi.

Fenomeni di radio-attività sono pure presentati dal torio e suoi composti; però su questo argomento le opinioni non sono concordi.

Digitized by Google

Rutherford credette di poter concentrare la radio-attività dei comuni preparati di torio in una frazione di essi, che chiamò torio *X;* ma siccome la radio-attività del torio *X* diminuiva col tempo, fino a divenire uguale a quella del torio comune, così doveva trattarsi di radio-attività indotta. Hoffmann nega al torio proprietà radio-attive, e dice che la radio-attività dei comuni preparati di torio è dovuta a piccole quantità di uranio che vi si accompagnano e che se queste mancano, manca pure nel torio la radio-attività.

Nell'esame dei residui della pechblenda si credette poi di avere scoverto due nuovi elementi radio-attivi, cioè il polonio e l'attinio. Il polonio fu scoverto prima del radio, ma poichè esso non differiva dal bismuto che per la sua radio-attività, e poichè questa diminuiva rapidamente col tempo, così la sua esistenza non fu ammessa da altri chimici.

Più recentemente il Markwald è riuscito a separare per via elettrolitica dal bismuto estratto dalla pechblenda una sostanza analoga per le sue proprietà al polonio di Curie, ma che manifesta una radio-attività costante. Egli chiama questo corpo radio-tellurio. È noto che il polonio o radio-tellurio si distingue dal radio perchè emette quasi esclusivamente raggi α, facilmente assorbibili dal vetro, dalla carta ed anche da uno strato di aria di pochi centimetri. Non si conosce alcun composto del radio-tellurio.

Il Debierne, nella lavorazione dei residui della pechblenda, credette poi di avere scoverto un nuovo corpo radio-attivo, al quale dette il nome di attinio. L'ossido di attinio di Debierne non era però che ossido di torio, con un po' d'ossido di cerio. Più recentemente Gissel, studiando le terre rare contenute nella pechblenda, ha mostrato che si può ottenere un prodotto a radio-attività costante, che ha la proprietà di svolgere abbondantemente delle emanazioni.

Riassumendo: i preparati di radio, polonio (radio-tellurio) ed attinio (corpo ad emanazione di Giesel) si distinguono per le diverse qualità delle radiazioni e perchè danno più o meno emanazione. Il radio emette raggi α, β, γ, mentre il polonio e l'attinio non danno che quasi esclusivamente raggi α. Il polonio non dà emanazione, mentre il radio ed il corpo di Giesel la danno; quest'ultimo più abbondantemente.

Da ricerche recenti pare inoltre dimostrato che nel suolo e nell'atmosfera siano diffuse piccole quantità di corpi radio-attivi.

Un filo metallico caricato negativamente ad un potenziale di 5 a 10 mila volt ed esposto per qualche tempo all'aria, mostra dopo delle proprietà radio-attive, le quali conserva anche se arroventato.

Digitized by Google

Se questo filo si strofina con una pelle bagnata di ammoniaca, la radio-attività passa nella pelle, e resta nella cenere se la pelle si brucia.

L'aria estratta dal terreno è radio-attiva; sono radio-attivi certe acque minerali ed i fanghi formati dalle acque stesse.

La radio-attività può anche venire indotta in sostanze non radioattive con diversi procedimenti. Così diventano radio-attivi molti corpi sottoposti ai raggi catodici. Si mostrano pure radio-attivi alcuni corpi insolubili quando si fanno precipitare da una soluzione contenente una sostanza radio-attiva: così, ad esempio, se ad una soluzione di cloruro di radio si aggiunge del nitrato di argento, il cloruro di argento che precipita si mostra radio-attivo e luminoso nell'oscurità. Non tutti i corpi insolubili, che possono ottenersi in queste condizioni, sono però capaci di acquistare la radio-attività.

Fenomeni singolarmente interessanti si ottengono con sali di bario e di bismuto. Debierne, precipitando del solfato di bario in presenza di un sale di attinio, ebbe un solfato radio-attivo che dava un cloruro egualmente radio-attivo, che a sua volta poteva frazionarsi come il cloruro di bario radifero. Si otteneva così in ultimo una frazione fortemente radio-attiva che simulava il cloruro di radio, salvo che non mostrava nello spettro le linee del radio, e perdeva col tempo la radio-attività. Un caso simile si ha col bismuto. Se nella soluzione di un sale di bismuto si mette un poco di sale di radio, si può separare dalla soluzione il polonio di Curie che diminuisce, è vero, rapidamente di attività, ma che dopo tre anni conserva ancora 150 unità uraniche.

Per spiegare l'origine dei fenomeni così interessanti presentati dal radio e dai suoi affini si sono ammesse diverse ipotesi, alcune delle quali toccano più direttamente la chimica. Così si è detto che la sorgente dell'energia termica, luminosa, ecc., che si svolge continuamente dai sali di radio deve trovarsi nella disgregazione dell'atomo del radio, disgregazione nella quale si produce l'elio. L'elio ed i corpi del suo gruppo (neon, argon, xenon, crypton) si trovano in piccole quantità nell'atmosfera, in certe roccie ed in certi minerali che son poi quelli stessi dai quali si estraggono i corpi radioattivi. Sono sostanze gassose caratterizzate da una grande inerzia chimica, cosicchè sia per non averne potuto finora ottenere combinazioni con altri elementi, sia perchè rarissime (tranne l'argon) poco si conosce sul conto delle stesse. Ricorrere dunque all'ipotesi della formazione dell'elio dall'atomo del radio per spiegare i fenomeni della radio-attività significa aggiungere mistero a mistero. Del resto non

Digitized by Google

basta dimostrare che dalla combinazione del radio si svolge dell'elio per aver la prova della decomposizione dell'atomo del radio. L'atomo è per i chimici un certo peso costante di sostanza, col quale una determinata qualità di materia prende parte alle reazioni chimiche. Se questa determinata quantità di materia può scindersi, con nuovi artifizi, in più qualità di materie, ciò vuol dire che quello che si riteneva un corpo semplice non è che un corpo composto. Non mancano nella storia della scienza esempi di simil genere.

Del resto, nulla dimostra ancora la necessità di ricorrere alla disgregazione atomica per avere la spiegazione della notevole quantità di energia termica emessa dai sali di radio. Non sappiamo ancora per quanto tempo i sali di radio possano emettere le notevoli quantità di energia che danno quando sono di recente preparazione. Noi sappiamo che questi sali si decompongono rapidamente. Molto probabilmente si tratta adunque di quantità di calore limitate, per quanto notevoli, fornite dal decomporsi di tali combinazioni chimiche.

Sappiamo che esistono numerosi composti chimici, i quali assorbono nella loro produzione notevoli quantità di calore, che nel decomporsi degli stessi corpi vengono poi messe in libertà.

Per i composti di radio potrebbe trattarsi di un caso simile. Si può pure supporre che la decomposizione dei sali di radio sia provocata da piccole quantità di qualche altra sostanza, che agisce allo stesso modo dei cosiddetti fermenti chimici.

Ad ogni modo, sino a tanto che con esperienze rigorose non si son risolute le questioni fondamentali, fra le quali è importantissima quella se le quantità di calore emesse da composti di radio stanno oppur no in relazione con la decomposizione di tali *composti*, è inutile ricorrere ad ipotesi che esorbitano dal campo delle attuali idee direttrici dello studio dei fenomeni chimici.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vol. VIII. MAGGIO-GIUGNO 1904 Fasc. 3°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - 397, Corso Umberto I - ROMA

INDICE

COMUNICAZIONI.

N. 15. Un nuovo regolatore automatico di tensione — Ing. A. GEIGER. (Milano). (*Con 7 figure*) . . . . . *Pag.* 185

„ **16. Limitazioni necessarie alle prove degli isolamenti ad alte tensioni alternative, con alcune considerazioni sul modo con cui funzionano tali isolamenti** — Ing. E. JONA. (Milano). (*Con 7 figure*) 195

„ **17. Sulle lampade Nernst** — Ing. V. TREVES. (Torino). (*Con 4 figure*) 221

„ **18. I raddrizzatori elettrolitici** — Ing. G. REVESSI. (Roma) (*Con 14 figure*) 237

„ **19. Sui fenomeni temporaleschi negli impianti elettrici** — Ing. G. SEMENZA. (Milano). (*Con 1 figura*) 281

„ **20. Condensatori elettrici per alta tensione** — Prof. L. LOMBARDI. (Napoli) 288

„ **21. Funzionamento con correnti alternate dei motori in derivazione** — Dott. O. M. CORBINO. (Palermo). (*Con 4 figure*). 303

CONFERENZE.

N. 22. Il radio ed il selenio — Ing. A. HESS. (Torino) . . . . . *Pag.* 310

NOTIZIE DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA.

SEDE CENTRALE. — **Avviso di concorso** . . . . . *Pag.* 33
Deliberazioni del Consiglio generale 34
Aggiunte all'elenco soci 43

SEZIONI. — **Verbali delle Sedute tenute nelle varie Sezioni** 34

AVVERTENZA. *I Soci che non avessero ricevuto il fascicolo precedente sono pregati di farne richiesta entro 15 giorni, in caso diverso non potranno ottenerlo che pagandone l'importo di L. 2.*

PROPRIETÀ LETTERARIA

ROMA
TIPOGRAFIA DELL'UNIONE COOPERATIVA EDITRICE
Via Federico Cesi, 45
1904

Digitized by Google

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - Corso Umberto I, 397 - ROMA

CONSIGLIO GENERALE.

Presidente: Prof. dott. Moisè Ascoli.

Vicepresidenti: Prof. ing. Luigi Lombardi - Prof. dott. Guido Grassi - Prof. ing. Luigi Zunini.

Segretario Generale: Ing. Riccardo Salvadori.

Cassiere: Ing. comm. Oreste Lattes.

Consiglieri rappresentanti le Sezioni di: **Bologna:** Ing. Enrico Cairo - Ing. Alfredo Donati; **Firenze:** Ing. Ernesto Corsini - Ing. Attilio Rampoldi; **Genova:** Ing. Giuseppe Cristoforis - Ing. Carlo Piaggio; **Milano:** Ing. Luigi Cauro - Ing. Domenico Civita - Ing. Emilio De Strens - Ing. Giuseppe Gadda - Ing. Alessandro Panzarasa - Ing. Alessandro Scotti; **Napoli:** Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero) - Ing. Guido Sarti; **Padova:** Prof. Ferdinando Lori - Ing. Gastone Treves de' Bonfili; **Palermo:** Prof. Damiano Macaluso; **Roma:** Ing. Emilio Costa - Ing. Federico Gentili - Dott. Riccardo Manzetti - Ing. Giuseppe Revessi; **Torino:** Ing. Emilio De Benedetti - Ing. cap. nob. Carlo De Sauteiron de St. Clément - Ing. Luigi Oliva - Ing. Raffaele Pinna.

CONSIGLI DELLE SEZIONI.

Bologna, Via Galliera, 14 - *Presidente:* Prof. Luigi Donati; *Vicepresidente:* Ing. Pietro Lanino; *Segretario:* Ing. Alberto Fabbri; *Cassiere:* Ing. Barnaba Lanino; *Consiglieri:* Prof. Silvio Canevazzi - Ing. Alberto Fabbri - Ing. Salvatore Mariani - Ing. Rinaldo Rinaldi - Ing. Angelo Silva.

Firenze, Via dei Benci, 10 - *Presidente:* Prof. Luigi Pasqualini; *Vicepresidente:* Ing. Giorgio Santarelli; *Segretario:* Ing. Alberto Picchi; *Cassiere:* Ing. Attilio Rampoldi; *Consiglieri:* Prof. Eugenio Bazzi - Ing. Pietro Molfino - Ing. Domenico Spallicci - Prof. Guido Vimercati.

Genova, Via David Chiossone, 7 - *Presidente:* Prof. ing. Sereno Antonio Rumi; *Vicepresidente:* March. ing. Giacomo Reggio; *Segretario:* Ing. Giovanni Anfossi; *Cassiere:* Cav. Saverio Audisio; *Consiglieri:* Ing. Carlo Appelius - Ing. cav. Gustavo Dosmann - Ing. Salvatore Galliano - Ing. Domenico Sertorio.

Milano, Via San Paolo 10 - *Presidente:* Ing. Angelo Bertini; *Vicepresidente:* Ing. Giacinto Motta; *Segretario:* Ing. Guido Semenza; *Cassiere:* Ing. Angelo Bianchi; *Consiglieri:* Prof. Ugo Ancona - Ing. Vittorio Arcioni - Ing. Ernesto Cirla - Prof. Francesco Grassi - Ing. Emanuele Jona - Ing. Luigi Magrini.

Napoli, R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri - *Presidente:* Prof. ing. Luigi Lombardi; *Vicepresidente:* Comm. prof. F. C. Paolo Boubée. *Segretario:* Ing. Luigi De Biase; *Cassiere:* Ing. Ernesto Sannia; *Consiglieri:* Cav. ing. Mario Bonghi - Comm. prof. Gaetano Bruno - Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Gustavo D'Orso - Ing. Guido Fano - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero).

Padova, R. Scuola Applicazione Ingegneri - *Presidente:* Prof. Ferdinando Lori; *Vicepresidente:* Conte ing. Amedeo Corinaldi; *Segretario:* Ing. Lorenzo Bigaglia; *Cassiere:* Prof. Giacinto Turazza; *Consiglieri:* Ing. Augusto Biagini - Ing. Emanuele Montagnini - Ing. Alessandro Moschini - Prof. Giuseppe Veronese.

Palermo, Via Macqueda, 175 - *Presidente:* Cav. prof. Stefano Pagliani; *Vicepresidente:* Cav. ing. Giuseppe Ottone; *Segretario:* Ing. Gaetano Buttafarri; *Cassiere:* Ing. Francesco Agnello *Consiglieri:* Cav. ing. Guglielmo Di Simone - Prof. Orso Mario Corbino.

Roma, Corso Umberto I, 397 - *Presidente:* Ing. Giovanni Giorgi; *Vicepresidente:* Prof. Quirino Majorana Calatabiano; *Segretario:* Ing. Filippo Fiorentini; *Cassiere:* Comm. ing. Oreste Lattes; *Consiglieri:* Ing. Ulisse Del Buono - Comm. Giovanni Dell'Oro - Dott. Giovanni Di Pirro - Comm. prof. Guglielmo Mengarini - Ing. cap. Carlo Vita-Finzi.

Torino, Galleria Nazionale - *Presidente:* Comm. ing. Vincenzo Soldati; *Vicepresidente:* Ing. Ettore Thovez; *Segretario:* Cav. ing. Enrico Sègre; *Cassiere:* Ing. Andrea Luino; *Consiglieri:* Comm. Federico Dumontel - Ing. Guido Fornaca - Prof. dott. Arturo Miolati - Ing. Paolo Prat - Ing. Emilio Silvano - Ing. Pietro Verole.

Digitized by Google

Vol. VIII. MAGGIO-GIUGNO 1904 Fasc. 3°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE — ROMA

COMUNICAZIONI E LETTURE

N. 15.

UN NUOVO REGOLATORE AUTOMATICO DI TENSIONE

COMUNICAZIONE

*fatta dall'***Ing. ARMINIO GEIGER** *alla Sezione di Milano*
la sera del 5 febbraio 1904.

A tutti è noto e non ho bisogno di dimostrare quanto sia difficile di mantenere costante la tensione di una grande centrale con rete di distribuzione estesa, e quanto si senta, generalmente, la necessità di un buon regolatore automatico.

Si è cercato nelle piccole centrali di risolvere il problema, adottando le macchine Compound.

Quando si passa invece alle grandi sottostazioni di distribuzione che ricevono l'energia da una centrale lontana, l'esatta regolazione del potenziale s'impone. Infatti, quando tutta l'energia viene trasmessa con una sola linea, non basta più avere le macchine Compound nella centrale per evitare, per esempio, le oscillazioni della luce. E allora bisogna tenere distinti i due trasporti di luce e di forza.

In America, la questione si risolse parzialmente, alimentando con linee distinte i trasformatori dei *converter* rotativi, in modo da sottrarre i trasformatori della luce dalle oscillazioni prodotte dall'impianto di trazione.

Mi limiterò ad accennare all'importanza dell'esatta regolazione del potenziale per ciò che riguarda la durata delle lampadine ad incandescenza ed il consumo di corrente di esse.

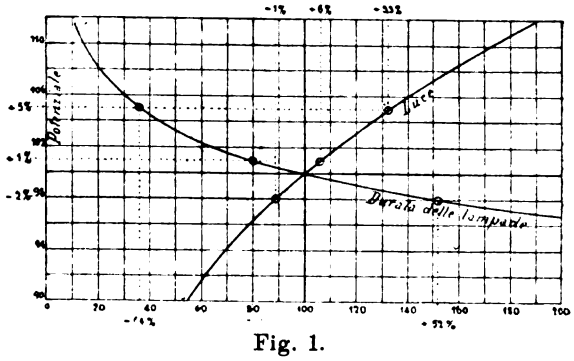


Fig. 1.

Le curve rappresentate nella fig. 1 si riferi-

Digitized by Google

scono a lampadine che consumano 3.5 watt per candela. Una delle curve indica la durata delle lampade in per cento al di sopra e al di sotto della normale relativamente alla variazione del potenziale. L'altra curva indica le variazioni percentuali analoghe della luce.

Per esempio, se il voltaggio fosse aumentato dell'1 per cento al di sopra del normale, la durata della lampadina sarebbe ridotta del 20 per cento, mentre la potenza luminosa sarebbe aumentata solo del 6 per cento al di sopra della normale. Se il voltaggio è aumentato del 5 per cento la durata è ridotta del 64 per cento, mentre l'aumento di luce è del 33 per cento. Analogamente, se il voltaggio è ridotto del 2 per cento sotto il normale, la durata della lampadina è aumentata del 50 per cento, mentre la luce è diminuita dell' 11 per cento.

Da queste curve risulta che un piccolo aumento di potenziale riduce di molto la durata delle lampadine, mentre che basta una piccola diminuzione di potenziale per ridurre di molto la luce.

La conseguenza di ciò sarà che in un impianto di luce nel quale il potenziale non è mantenuto esattamente costante, le lampadine ad incandescenza oltre a dare una luce variabile avranno una durata molto inferiore a quella normale.

In altre parole, se queste lampadine sono del tipo di 3.5 watt per candela, esse dureranno tanto quanto lampadine di un altro tipo di durata normale minore delle prime, ma funzionanti ad un voltaggio mantenuto sempre esattamente costante.

Installando perciò nell'impianto suddetto un buon regolatore automatico di tensione, oltre ad avere la luce invariabile si potrà sostituire alle lampadine da 3.5 watt delle altre di 3.1, ottenendo così anche un'economia di energia del 13 per cento, che è la differenza fra 3.5 e 3.1 watt.

Furono immaginati molti apparecchi per ottenere la regolazione automatica, alcuni dei quali molto geniali. Non è da meravigliarsene!...

Infatti, chi non si sente capace d'inventare un regolatore automatico di tensione? È cosa facilissima, come tutto in elettricità, e si immagina subito. Si tratta di tenere il potenziale entro certi limiti prestabiliti, variando comunque il carico. Basta agire sulla eccitazione dei generatori ed inserire o togliere dal circuito del loro campo delle resistenze, a seconda che il carico cala o cresce.

Questo concetto si può metterlo in pratica con diversi congegni elettro-meccanici, basati sui soliti elettro-magneti e pendoli conici coi relativi soliti motorini che si disinnestano in un dato momento, ecc., ecc.

Però tutti questi congegni, alcuni dei quali, come già dissi, ingegnosissimi, devono mettere in moto delle masse relativamente pe-

Digitized by Google

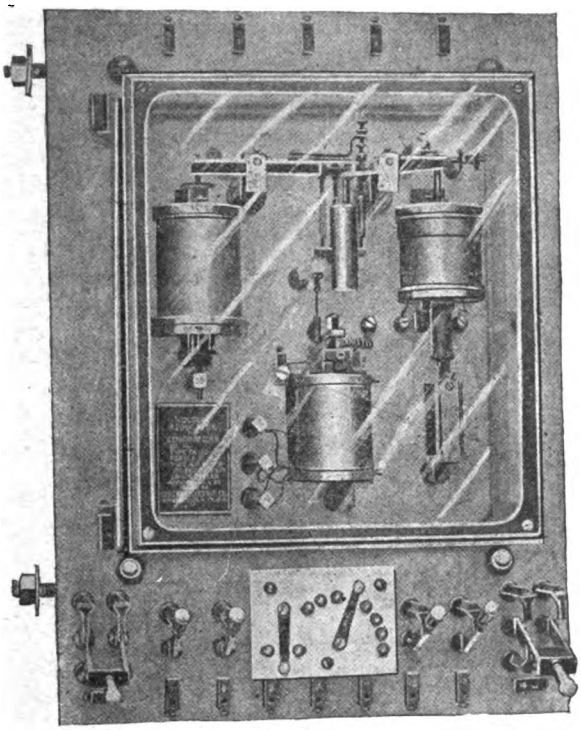


Fig. 2.
REGOLATORE AUTOMATICO DI TENSIONE.

santi, la cui inerzia impedisce loro di seguire rapidamente le variazioni di carico.

Il regolatore che sto per descrivere fu ideato dall'americano Tirrill ed è il frutto di parecchi anni di esperienze fatte nelle officine della *General Electric Company*. Esso è rappresentato nella fig. 2.

Questo regolatore agisce sul circuito di eccitazione delle eccitatrici, e cioè mantiene automaticamente costante il voltaggio dell'alternatore, oppure quello della centrale o di un punto qualsiasi della rete di distribuzione, variando il voltaggio della eccitatrice.

Ora, per ottenere queste variazioni del voltaggio delle eccitatrici, il Tirrill non ricorre al solito sistema d'inserire o togliere delle resistenze, ma si basa su di un principio completamente nuovo.

La figura n. 3 indica lo schema del regolatore ridotto ai minimi termini.

A rappresenta l'alternatore del quale si vuole mantenere costante il potenziale, ed *E* la sua eccitatrice; *CA* e *CE* sono rispettivamente i campi magnetici dell'alternatore e della eccitatrice.

Una resistenza R_1 di valore costante si trova inserita nel circuito di eccitazione dell'eccitatrice.

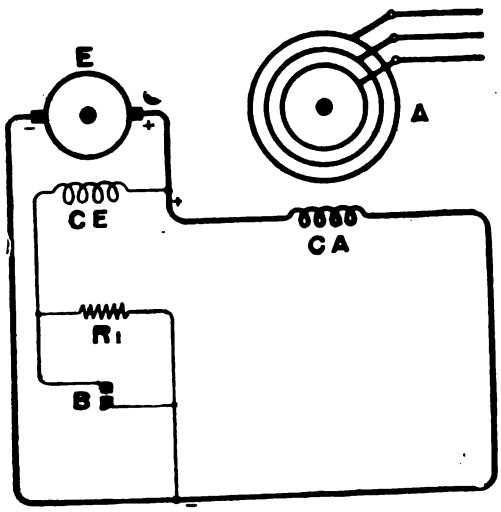


Fig. 3.

Digitized by Google

Questa resistenza viene chiusa temporaneamente in corto circuito da una lamina metallica vibrante con rispettivi contatti *B*.

Ammettiamo che per una ragione qualunque il potenziale dell'alternatore tenda a diminuire. Le cose sono disposte in modo che immediatamente si chiuda il contatto *B*, mettendo in corto circuito la resistenza R_1. In questo modo si produrrà un aumento della corrente di eccitazione dell'eccitatrice e quindi del potenziale dell'alternatore. Ma allora si riapre *B* e il potenziale tende a calare, e così via, mediante il rapido aprirsi e chiudersi del contatto *B* si otterrà che l'alternatore sia mantenuto al voltaggio voluto.

In certi casi il voltaggio della eccitatrice varia da 70 a 125 volt da vuoto a pieno carico. Questo è specialmente vero se il carico è parzialmente induttivo.

Per ottenere tutta l'estensione della regolazione il reostato dell'alternatore dev'essere completamente tolto dal circuito e il reostato dell'eccitatrice dev'essere inserito fino al punto di abbassare il potenziale dell'alternatore di circa 65 per cento al di sotto del normale. Appena viene inserito il regolatore esso chiuderà subito il contatto *B* e si formerà il potenziale voluto all'alternatore, il quale poi sarà mantenuto col rapido aprirsi e chiudersi del contatto *B*. Si può quindi a piacere togliere ed inserire il regolatore nel circuito.

La durata della chiusura e dell'apertura del corto circuito viene regolata dalla tensione dell'alternatore.

Le parti mobili di questo regolatore sono molto leggiere ed i movimenti assai limitati in modo che essi possono operare a grande velocità.

Nella pratica però le cose non sono così semplici come indicate nel disegno; vediamo come il Tirrill ha risolto il problema di far funzionare il contatto *B*.

La figura 4 rappresenta il regolatore con le connessioni relative per impianti a corrente alternata. In questo disegno *A C* ed *E C* rappresentano ancora i campi dell'alternatore e della eccitatrice, R_1 la resistenza più volte menzionata, e *B* il contatto col quale si ottiene il corto circuito di essa.

Vediamo che il contatto *B* è comandato per mezzo di un elettromagnete S_3, il quale è percorso da corrente continua derivata dalle sbarre omnibus della eccitatrice. Il circuito di questa corrente viene chiuso dal contatto speciale *D*.

Le aperture e chiusure del contatto *B* sono dunque comandate dal contatto *D*, e precisamente quando *D* si chiude *B* si apre, e viceversa.

Digitized by Google

Prendiamo in considerazione il contatto *D*. Esso è comandato da due solenoidi S_1 e S_2.

Il solenoide S_1 è percorso da corrente alternata ed S_2 da corrente continua.

La corrente del solenoide S_1 è quella secondaria di un trasformatore di potenziale derivato dalle sbarre omnibus dell'alternatore del quale si vuol regolare la tensione. La corrente continua del solenoide S_2 è derivata da una resistenza situata in serie al circuito di eccitazione dell'alternatore.

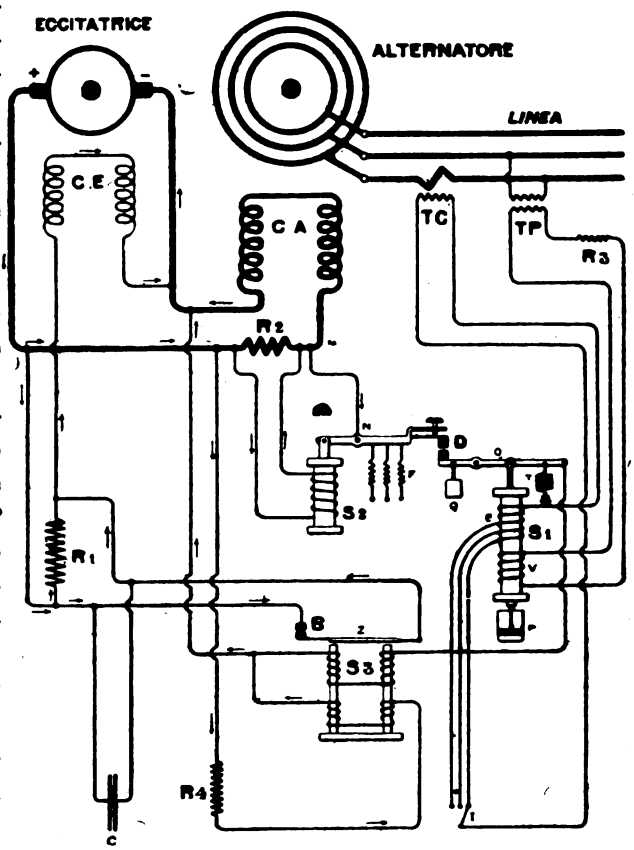


Fig. 4.

Vediamo come funziona il regolatore.

Consideriamo prima il solenoide S_1; esso trasmette, mediante il suo nucleo, il movimento alla leva alla quale è applicato il peso *P* controbilanciato dalle molle *F*. Ammettiamo che la tensione dell'alternatore s'innalzi, per esempio, perchè si è aumentata la velocità o perchè si è tolto del carico.

Aumenterà la tensione anche nel trasformatore di potenziale *TP* e con essa la corrente nel solenoide S_1. Ciò produrrà l'innalzamento del nucleo e la chiusura del contatto *D*. Col chiudersi di questo contatto si lancia la corrente continua dell'elettromagnete S_3, il quale, attraendo la sua armatura *Z* apre il contatto *B*, ossia apre il corto circuito della resistenza R_1, il che produce una diminuzione di potenziale dell'alternatore. Allora si riapre *D* e si richiude *B*, e così via.

Digitized by Google

Il movimento dell'armatura Z viene notevolmente accelerato dal fatto che, mediante un secondo avvolgimento k dell'elettromagnete si polarizza quest'ultimo costantemente in senso contrario a quello prodotto dalle spire principali. Con la resistenza R_4 si regola esattamente la corrente nelle spire k in modo che basti appena per smagnetizzare istantaneamente l'elettromagnete.

Consideriamo ora il solenoide S_2; il suo scopo è di favorire la posizione dei contatti D in modo che i colpi di corrente vengano dati nel momento giusto. Il funzionamento di questo solenoide dipende dalla intensità della corrente di eccitazione. Esso agisce mediante la leva, il cui movimento è a sua volta regolato dalle molle F. Queste molle sono di diversa forza e applicate in modo che intervengono una dopo l'altra a mano a mano che si muove la leva N per effetto dell'attrazione del solenoide. Questo allo scopo di ottenere che l'apparecchio sia aggiustato per le differenti correnti di eccitazione. Abbiamo visto che quando il carico cresce il regolatore fa aumentare automaticamente la corrente di eccitazione. Perciò, in questo caso, il solenoide S_2 allontanerà i punti del contatto D e con ciò diminuisce la durata di ogni singolo contatto, il che si vede chiaramente dal disegno il quale mostra come la parte superiore del contatto D sia costituita da una laminetta elastica che segue più o meno il movimento del contatto inferiore. Dunque, diminuendo la durata delle chiusure di D si prolunga quindi la durata delle chiusure di B; con ciò si favorisce l'aumento della corrente.

Questo regolatore è praticamente indipendente dal fattore di potenza, dalle variazioni di velocità e da quelle di temperatura.

Nel caso di una centrale con eccitatrici separate, basta un solo regolatore.

Quando gli alternatori sono direttamente accoppiati con le eccitatrici, allora si possono mettere queste ultime in parallelo su di uno speciale sistema di sbarre omnibus. In questo caso basta ancora un solo regolatore.

Se invece non si vogliono mettere in parallelo le eccitatrici, occorre un regolatore per ognuna di esse.

Non starò a dare qui gli schemi di tutti questi vari casi, i quali, del resto, non presentano grandi difficoltà.

Digitized by Google

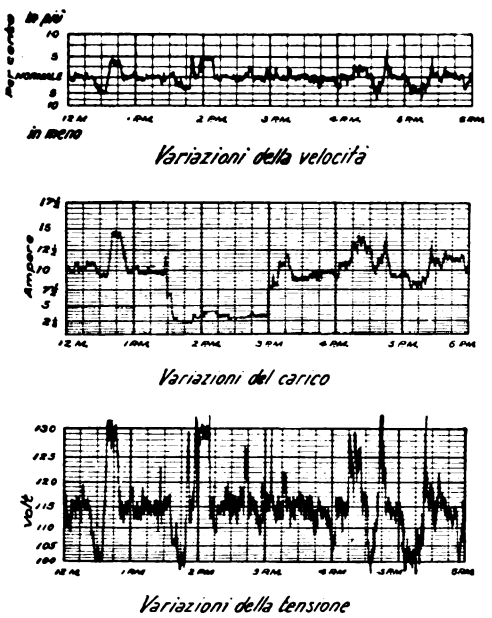


Fig. 5

SENZA REGOLATORE.

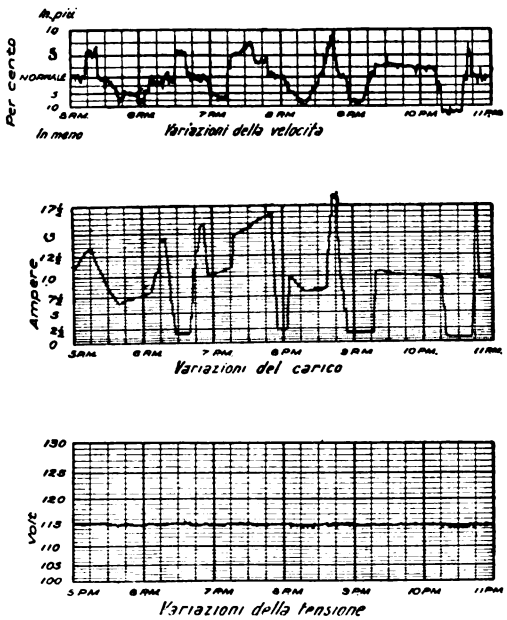


Fig. 6.

CON REGOLATORE.

La figura 5 rappresenta le curve ottenute simultaneamente da apparecchi registranti le variazioni della velocità, del carico e della tensione di un generatore trifasico di 75 Kw., direttamente accoppiato alla sua eccitatrice, senza regolatore di tensione.

La figura 6 sappresenta le curve analoghe ottenute con questo stesso alternatore dopo l'applicazione del regolatore di tensione.

Da questi diagrammi risulta che, mentre senza regolatore, a una variazione di velocità dell'8 per cento ne corrispondeva una del 32 per cento nella tensione, dopo applicato il regolatore, anche con variazioni di velocità del 20 per cento, la variazione di potenziale si mantenne entro $^1/_2$ volt, la tensione normale essendo di 115 volt.

Compensazione.

Accennerò invece come mediante questo regolatore si possa compensare la caduta di potenziale della linea di trasmissione, o meglio come si possa mantenere costante il potenziale nel centro della rete di distribuzione o in un punto qualunque di essa questo senza bisogno di alcun filo pilota.

Digitized by Google

Per ottenere ciò vi è sul solenoide S_1 un secondo avvolgimento V' il quale è percorso dalla corrente secondaria di un trasformatore di corrente $T\,C$ il quale è inserito nel circuito del quale si vuol compensare la caduta di potenziale.

Questo secondo avvolgimento agisce in senso contrario a quello dell'altro che abbiamo considerato prima.

Così, quando cresce la corrente, si apre il contatto D, si chiude il B, e chiudendosi il corto circuito su R cresce il potenziale dell'alternatore. Proporzionando quindi gli avvolgimenti per una data caduta percentuale si potrà ottenere che il potenziale varierà nella centrale secondo il carico in modo da mantenere costante la tensione nel punto estremo voluto.

Il numero delle spire di questo avvolgimento di compensazione può essere variato mediante un deviatore, e questo allo scopo di poter regolare la sensibilità del regolatore per una data caduta di potenziale.

Se ci sono vari circuiti alimentatori partenti dalle stesse sbarre omnibus della centrale, l'avvolgimento di compensazione dovrebbe essere inserito in quello principale di illuminazione.

Questo procedimento darà nella maggioranza dei casi un ottimo voltaggio anche agli altri feeders, perchè generalmente le linee hanno press'a poco la stessa perdita.

Per evitare la formazione delle scintille nei punti di contatto B, è messo in parallelo ad essi un piccolo condensatore indicato con C nello schema.

Sincronizzazione.

Vorrei infine accennare ancora come questo regolatore possa servire per facilitare il funzionamento in parallelo di due stazioni generatrici situate ad una certa distanza fra di loro e collegate da una linea avente una impedenza non trascurabile.

Consideriamo due alternatori funzionanti in parallelo; essi si divideranno il carico secondo la forza motrice che li aziona. Il fattore di potenza di ciascuna di esse dipenderà dall'eccitazione.

Supponiamo che i due alternatori siano messi in parallelo a vuoto e con lo stesso voltaggio a circuito aperto.

Non si avrà scambio di corrente fra le due macchine.

Ammettiamo ora di caricare il sistema e che le curve caratteristiche delle due macchine non sieno le stesse per le due dinamo. L'alternatore che chiameremo n. 1 e che ammettiamo abbia la carat-

Digitized by Google

teristica migliore avrà la fase spostata in avanti e l'alternatore n. 2 si troverà in ritardo.

Questo produrrà uno scambio di corrente fra l'alternatore n. 1 e l'alternatore n. 2, e siccome questa corrente sarà in ritardo rispetto alla forza elettromotrice dell'alternatore n. 1 la densità del suo campo sarà diminuita. Il contrario avverrà per l'alternatore n. 2 la cui densità di campo sarà aumentata.

Ciò produrrà una certa compensazione per la differenza delle curve caratteristiche, ma la compensazione non può essere mai completa, perchè ci vorrebbe uno scambio molto forte di corrente fra le macchine per calmare il *deficit* del flusso magnetico.

È evidente che per ottenere una buona marcia in parallelo l'impedenza del circuito composto dagli avvolgimenti delle due dinamo e dei conduttori che le riunisce, dovrà essere tanto piccola quanto possibile. Gli avvolgimenti delle macchine sono ordinariamente determinati da altre considerazioni e contengono generalmente sufficiente reattanza per assicurarli contro le bruciature in caso di corto circuito.

Resterebbero allora solo i conduttori, sui quali possiamo agire.

Nelle centrali ordinarie l'impedenza di questi conduttori situati nell'interno è trascurabile; invece avrà una certa importanza l'impedenza della linea di trasmissione, situata fra le due centrali, la quale si tradurrà in differenza di fase fra le due centrali stesse. Se perciò potremo in una maniera qualunque aumentare l'eccitazione dell'alternatore n. 2 quando aumenta il carico, è evidente che lo scambio di corrente non dovrà essere più tanto grande perchè non lo sarà più neanche il *deficit* del campo di questo alternatore.

Il regolatore Tirrill ci offre il modo di ottenere questo scopo. Installando un tale regolatore nella centrale n. 2 l'eccitaziane sarà aumentata appena che la caduta di voltaggio nella linea, che unisce le due centrali, avrà raggiunto un valore dato, e cioè appena lo scambio di corrente avrà raggiunto un valore di una certa importanza.

Si potrà approfittare dell'effetto combinato della corrente di sincronizzazione con la forza elettromotrice.

Se nel circuito secondario del trasformatore di corrente poniamo in luogo di una resistenza ohmica una induttiva, la corrente che vi passerà sarà fortemente sfasata. Se aggiungiamo al regolatore un avvolgimento alimentato da un trasformatore in serie con la linea, si potranno disporre i due avvolgimenti in modo che nel caso che

Digitized by Google

la corrente è in anticipo di fase rispetto alla forza elettromotrice, i due effetti si sottraggono e nel caso contrario si sommino.

Nella figura 7 siano:

$o\ d$ = direzione della tensione.

$o\ a$ = corrente proveniente dal trasformatore di potenziale che è in ritardo di fase di circa 90° per effetto della resistenza induttiva suddetta.

$o\ b$ = corrente del trasformatore di corrente ammesso $\cos \Phi = 1$.

Nel caso di scambio di corrente, ossia di corrente di sincronizzazione, avremo che essa sarà in anticipo o in ritardo. Supponiamo

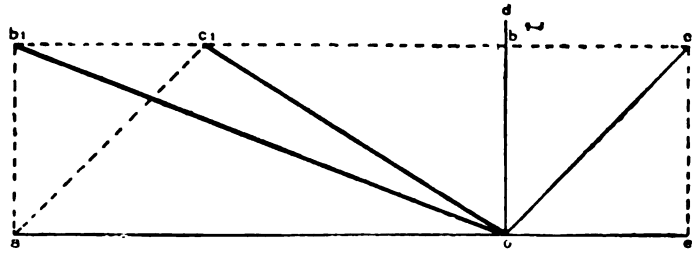


Fig. 7.

che sia in anticipo rispetto a $o\ b$ e sia $o\ e$, ossia ammettiamo che l'alternatore ritardi. La corrente totale sarà allora la risultante di $o\ b$ ed $o\ e$, ossia $o\ c$.

L'effetto sul solenoide del regolatore sarà $o\ c_1$ risultante di $o\ c$ ed $o\ a$, mentre $o\ b_1$ è l'effetto normale quando non c'è corrente di sincronizzazione. Ora $o\ c_1$ è evidentemente minore di $o\ b_1$ e quindi ciò produrrà l'apertura del contatto D e la chiusura di quello B; si aumenterà quindi l'eccitazione.

Analogamente si può fare nel caso che la corrente di sincronizzazione sia in ritardo ossia che l'alternatore anticipi. Basterà ripetere la costruzione portando $o\ e$ in senso opposto di prima, e si troverà un nuovo $o\ c_1$ che in questo caso sarà maggiore di $o\ b_1$.

Dunque, secondo il caso che la corrente di sincronizzazione sarà in anticipo od in ritardo, l'eccitazione sarà aumentata o diminuita, che è ciò che si voleva ottenere, mentre la corrente di sincronizzazione potrà sempre essere un minimo.

Il buon funzionamento delle due centrali non dipenderà che poco dalle caratteristiche degli alternatori.

Digitized by Google

N. 16.

LIMITAZIONI NECESSARIE
ALLE PROVE DEGLI ISOLAMENTI AD ALTE TENSIONI ALTERNATIVE

CON ALCUNE CONSIDERAZIONI
SUL MODO CON CUI FUNZIONANO TALI ISOLAMENTI

COMUNICAZIONE

*fatta dall'*Ing. **EMANUELE JONA** *alla Sezione di Milano dell'A. E. I. la sera del 4 marzo 1904.*

Lo sviluppo delle applicazioni di correnti alternate ad alta tensione ha portato nella tecnica l'uso delle prove dei materiali, alternatori, trasformatori, cavi, strumenti, isolamenti, ecc., a tensioni sempre più elevate. Fino a pochi anni fa potenziali di 20-30 mila volt, anche come esperimenti, parevano limiti già paurosi; ora si adoperano tali potenziali correntemente su linee in esercizio. E la fede nel progresso della tecnica è venuta tale che si parla di 100,000 volt con la stessa indifferenza con cui dieci anni fa si parlava di potenziali dieci volte minori. Pare non esista nessun limite pratico al raggiungimento di alti potenziali alternativi, ed alla loro applicazione, almeno alle prove dei materiali isolati. È vero cotesto? Se anni fa un materiale venduto per un esercizio a 2 o 3000 volt si richiedeva fosse provato a 7-8 mila, possiamo ora richiedere che un materiale venduto per un esercizio a 25,000 volt si debba provare a 50-60 o più mila volt? O non esiste invece un limite che deriva dalla natura stessa delle cose e che non possiamo sperare di vedere così presto oltrepassato, almeno fino a che non si trovi una strada affatto nuova nella quale incamminare la tecnica degli isolamenti?...

Una prima considerazione d'ordine generale è questa: fin che si tratta di potenziali relativamente bassi, le dimensioni degli isolamenti sono molto maggiori di quanto richiederebbe la rigidità dielettrica del materiale; e questo per ragioni meccaniche, per ragioni costruttive di solidità dell'isolamento. A nessuno verrebbe in mente di costruire un alternatore da 1000 volt con tubi di micanite di mezzo millimetro di spessore od anche meno; quantunque, dal punto di vista puramente elettrico, tale spessore si potrebbe considerare più che sufficiente. Ne viene che, nelle prove di materiali costrutti per bassa tensione, si possa generalmente eccedere di gran lunga nel potenziale di prova, che può diventare anche 8-10 volte tanto

Digitized by Google

il potenziale di esercizio. Man mano però che i potenziali di esercizio vanno crescendo, diminuisce questa differenza fra le esigenze elettriche e le esigenze costruttive; ed il rapporto fra il potenziale di prova e quello di esercizio deve essere contenuto in limiti molto più ristretti. Bisogna ancora osservare che la rigidità dielettrica specifica di un materiale è una funzione generalmente decrescente con lo spessore. Se noi portiamo come ascisse lo spessore di un isolante e come ordinate il potenziale necessario a perforarlo, troviamo generalmente una curva che volge la concavità verso l'asse delle ascisse; di modo che, a potenziali molto alti, occorrono spessori isolanti di dimensioni crescenti in un rapporto molto più alto che non quello dei potenziali stessi.

Indipendentemente poi ci possiamo fare un'altra domanda: il cimentare a tensioni troppo alte, nelle prove, un certo dielettrico, può danneggiarlo, quando anche non venga perforato? Se noi vogliamo esperimentare una corda di canapa o metallica potremo assoggettarla tutta ad uno sforzo molto inferiore a quello che ne provocherebbe la rottura; o possiamo prenderne un campione e stirarlo fortemente con una macchina appropriata, misurare gli sforzi e gli allungamenti e la resistenza sino alla rottura; ma nessuno certo vorrebbe provare tutta la corda sotto sforzi eccessivi. Sappiamo tutti che, ad un certo limite, si avrebbero delle deformazioni permanenti, e che la corda, pur non essendosi rotta, non sarebbe più buona come prima dell'esperimento. Succede anche nei materiali isolanti qualche cosa di analogo? La domanda è logica e la risposta non è molto semplice. Non è semplice perchè l'esperimento è delicato e costoso, talchè difficilmente si può ripeterlo e variarlo fino ad avere una risposta decisiva, e meglio ancora una risposta che ci faccia anche conoscere la legge del fenomeno; ma da esperienze mie non esito a dare una risposta affermativa, almeno per gli isolanti di origine organica; per quelli di origine inorganica, come vetro, porcellana, mica, non saprei essere così esplicito.

Sono noti d'altronde gli esperimenti del Berthelot, che, con una F. E. M. alternata, procurò in molte sostanze organiche fenomeni di polimerizzazione o sviluppo di idrogeno e di acqua. E c'è a temere che un simile fenomeno appaia maggiormente con tensioni elevatissime, le quali danno origine ad effluvi. la cui azione venne appunto studiata dal Berthelot.

Un dielettrico assoggettato a tensioni troppo alte si riscalda moltissimo, anche prima di perforarsi. Anzi, se il dielettrico è ben omogeneo, si riscalda equabilmente dappertutto e poi si perfora: se è poco omogeneo, se ha dei difetti in alcuni punti, o semplicemente

Digitized by Google

dei punti deboli, si riscalda in essi e poi si perfora; o si perfora così presto che non ha neanche tempo da scaldarsi. Il riscaldamento di un dielettrico omogeneo avviene per isteresi e per conducibilità. L'isteresi dielettrica cresce circa proporzionalmente al quadrato della tensione, e provoca corrispondente riscaldamento. Ora questo riscaldamento diminuisce poi largamente la resistenza d'isolamento del dielettrico: questa diminuzione è varia a seconda della natura del dielettrico: in alcuni vetri passa da 100 a 1, mentre la temperatura si eleva da 20° a 60°; nella guttaperca varia secondo una formola esponenziale della temperatura; e a 30° la resistività è $^1/_{50}$ di quella a 0°; nel caoutchouc la diminuzione è molto minore: a 30° la resistività è $^1/_4$ di quella a 0°; nei cavi isolati con carta, tessili, resine, così usati oggi, la diminuzione è pure fortissima: a 35° la resistività è $^1/_{80}$ di quella a 15° C. Queste rapidissime diminuzioni nella resistenza d'isolamento, per effetto del calore sviluppato dall'isteresi o dalle correnti di conduzione, danno poi origine a correnti più intense attraverso al dielettrico, donde nuova cagione di riscaldamento. Cosicchè le due cause concorrono e si aiutano a riscaldare eccessivamente il dielettrico, se cimentato a tensioni troppo elevate.

La forma stessa nella quale è confezionato l'isolante si deve imporre alla nostra attenzione in modo molto notevole, come vedremo fra breve: ed ancora il suo uso e la sua relazione coll'insieme di cui costituisce una parte. Vogliamo isolatori per 10,000 volt? Potremo pretendere che siano straordinariamente sicuri, come se la linea fosse, per esempio, a 20,000 volt. Ciò porterà certo delle spese più considerevoli, ma il soprappiù della spesa è tutto concentrato nell'isolatore. Vogliamo un alternatore da 10,000 volt, ma con la pretesa che sia costrutto come si costruirebbe uno per 20,000 volt? Allora non è solo più la spesa isolante che varia; ma molte altre, che divengono persino preponderanti; ed inoltre questa pretesa conduce ad obblighi costruttivi, che diminuiscono per altro lato la bontà dell'alternatore.

Ora quando si esigono prove eccessive, in fondo ci riduciamo, nei riguardi della fabbricazione, a spostare il tipo che la pratica e la esperienza del costruttore hanno sanzionato per una certa tensione, ad un altro adatto a tensione più elevata. Vi è ora una grande tendenza ad esigere di queste prove eccessive, le quali, ripeto, oltre all'affaticare inutilmente il materiale, possono condurre il costruttore su una strada che non è certamente la buona. Se in un alternatore per 20,000 volt esigiamo una prova a fondo a 50,000 volt è evidente che il costruttore impiegherà tubi di micanite più lunghi e più spessi, danneggiando così altri requisiti della macchina. Naturalmente il costruttore, spinto dalla paura della concorrenza, accede

Digitized by Google

poco a poco, quando non ne può più fare a meno, ai desideri o imposizioni del cliente; e si fanno delle dispute e delle contrattazioni sulla tensione di prova, come si possono fare sul prezzo del macchinario. Queste pretese esagerate provengono, come dissi, in parte da una fede vivissima nei progressi generali della tecnica; ma in parte anche da un apprezzamento un po' imperfetto di ciò che sono veramente le alte tensioni, del loro modo di comportarsi e del modo di funzionare degli isolanti assoggettati a tali tensioni.

Prendiamo ad esempio un isolatore. Un capitolato recente per una fornitura di isolatori per una linea in esercizio a 30,000 volt, prescriveva una prova a 100,000 volt con l'isolatore rovesciato, immerso nell'acqua sino all'orlo della campana esterna, e con la campana interna tutta piena di acqua; e se l'isolatore era fornito in più pezzi distinti, ogni pezzo doveva essere provato a 50-60 mila volt in quelle stesse condizioni.

È manifesto che in tutti o quasi tutti gli isolatori appropriati per 30,000 volt di esercizio, una prova simile non riesce; la distanza fra le due acque è minore della distanza esplosiva competente a 50 ovvero rispettivamente a 100,000 volt. Non occorre provare l'isolatore, basta prendere un metro per giudicare della cosa. Il costruttore preoccupato dal capitolato, od offrirà isolatori enormi, adatti a una tensione di esercizio molto maggiore, oppure disegnerà un isolatore mostruoso, atto però a sopportare quella prova. Un isolatore può essere provato anche nell'acqua per vedere se ha qualche fessura, screpolatura nella vernice, ecc., oppure dopo una certa immersione nell'acqua; ma le cose essenziali a provarsi, cioè la resistenza della capocchia alla perforazione, l'effluvio fra le campane, le derivazioni superficiali, i difetti interni, non si possono certo vedere con una posizione così innaturale dell'isolatore. Si potrà esagerare alquanto in queste prove di isolatori; ma non farle in modo affatto innaturale e che condurrebbe a disegnare gli isolatori dietro criteri poco giustificabili.

Si potrà esagerare alquanto, dissi, sia perchè è presumibile che la porcellana non abbia intimamente a soffrirne, sia perchè è relativamente facile il migliorare l'isolatore, per accontentare delle esigenze anche un po' spinte; e, ad ogni modo, la sopraspesa fatta migliora effettivamente la linea da questo punto di vista; è tutta concentrata sull'isolatore e suo supporto e finalmente non è di grande momento rispetto all'impianto complessivo. Ma si può fare lo stesso per un alternatore isolato con tubi di micanite, o per un cavo sotterraneo? Qui la risposta è molto diversa e su di essa dovrò dilungarmi un tantino.

Digitized by Google

Per un cavo potremmo anche dire che la spesa per ottenere un miglioramento, con dimensioni di isolante maggiori, è tutta concentrata nel cavo; non porta pregiudizi in nessuna parte dell'impianto ed in questo senso può sembrare od essere utile. Tuttavia si avrà sempre una sopraspesa per l'armatura del cavo, oltre alla maggiore spesa di isolante. Per un alternatore una maggiore lunghezza e spessore dei tubi di micanite significa maggior quantità di rame, fori più grossi nel ferro, e quindi una macchina effettivamente meno buona. Per entrambi poi abbiamo fondati motivi di temere che il cimentare troppo l'isolante lo venga a danneggiare in modo permanente, seppure non immediatamente apprezzabile. Ma c'è tutto un ordine di considerazioni sulle quali desidero estendermi un po' perchè mi pare siano presso a poco sconosciute, e sulle quali vi prego accordarmi tutta la vostra attenzione.

Supponiamo che si domandi di disegnare un isolatore per una linea a 200,000 volt; mettiamo pure per una breve linea al coperto, nell'interno di un grande salone di un laboratorio elettrico. La cosa può parere stravagante; ma non è costruttivamente impossibile. Immaginerei un isolatore molto allungato, in modo da avere un forte spessore fra il filo superiore ed il ferro della mensola; studierei di lasciare una distanza esplosiva di 60, 70 centimetri tra il filo e la terra, od il ferro di cui sopra; uno sviluppo superficiale ancora maggiore di detta distanza, più o meno grande a seconda delle condizioni di pulizia in cui potrò mantenere l'isolatore; ma insomma la cosa non presenta difficoltà straordinarie. Se invece si domandasse di costruire un tubo di micanite od un cavo per detta tensione, il problema diviene subito formidabile per non dire impossibile. A spiegare meglio il mio concetto ricorrerò ad un paragone d'ordine meccanico: si domanda per esempio di disegnare un pezzo metallico atto a reggere ad una trazione di 20,000 tonnellate. Posso supporre di impiegare dell'acciaio di 100 kg. al mmq. e vedo che un cilindro di acciaio di 50 cent. di diametro potrebbe bastare; è una cosa enorme, se vuolsi, ma non c'è impossibilità fisica a costruirlo. Si domanda invece di costruire un tubo nel quale comprimere acqua a 20,000 atmosfere. Io qui devo preoccuparmi di altri elementi: cioè la resistenza *specifica* alla trazione ed alla compressione, coefficienti di elasticità, ecc., del materiale che ho disponibile. Io posso aumentare indefinitamente gli spessori senza raggiungere nessun risultato, se non adopero un materiale idoneo.

Nell'esempio precedente della resistenza alla trazione tutto il materiale lavora in modo uniforme; se invece di acciaio di 100 kg.

Digitized by Google

ho solo disponibile del ferro di 40 kg. mi basterà prendere una sezione due volte e mezza tanto. Qui invece il materiale lavora in modo non uniforme: le fibre più interne sono più cimentate, esse debbono essere di materiale avente una grandissima resistenza specifica; non posso già costruire un cannone in muratura neanche dandole un chilometro di spessore.

I tubi di micanite, i cavi sotterranei, si trovano appunto in un caso analogo; e ciò perchè devono isolare un conduttore che non ha una forma piana, indefinita, e l'influenza della curvatura è enorme.

§ **B.** — Consideriamo un conduttore, che per semplicità supporremo circolare, di raggio r (fig. 1), sul quale si trova un isolante omogeneo di spessore $R - r$, racchiuso entro un involucro metallico; fra questo involucro ed il conduttore agisca una differenza di potenziale alternativa V. Detti V_A V_B i potenziali in A e B, $V = V_A - V_B$. In un punto P, distante ρ dal centro del conduttore avremo un potenziale V_P. La circonferenza che passa per P è la traccia di un cilindro equipotenziale; perciò possiamo supporre esista effettivamente quivi un cilindro metallico di spessore infinitesimo, isolato dal resto, senza cambiare nessuna proprietà del sistema. Potremo così considerare il sistema come formato da due condensatori in serie; raggi rispettivamente r e ρ, ρ ed R.

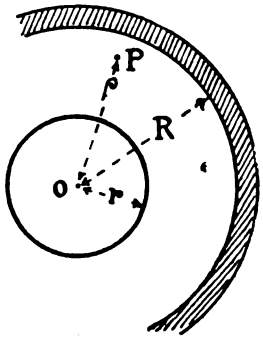


Fig. 1.

La tensione V si dividerà fra questi due condensatori in ragione inversa delle rispettive capacità; e se C è la capacità totale,

$$C = \frac{K}{\log \frac{R}{r}}$$

avremo:

$$C_{(r-\rho)} = \frac{K}{\log \frac{\rho}{r}} \quad ; \quad C_{(\rho-R)} = \frac{K}{\log \frac{R}{\rho}}$$

$$V_A - V_P = V \frac{\log \frac{\rho}{r}}{\log \frac{R}{r}} \qquad [1]$$

$$V_P - V_B = V \frac{\log \frac{R}{\rho}}{\log \frac{R}{r}} \qquad [2]$$

Digitized by Google

Possiamo supporre a terra il conduttore oppure l'involucro esterno, cioè V_A oppure $V_B = 0$, e le formule qui sopra ci danno v potenziale assoluto in P.

$$V_A - V_P = v = V \frac{\log \frac{\rho}{r}}{\log \frac{R}{r}}$$

Derivando rispetto a ρ

$$\frac{dv}{d\rho} = \frac{0.434\, V}{\rho \log \frac{R}{r}}$$

ove il logaritmo è a base decimale.

Ora $\frac{dv}{d\rho}$ è il gradiente del potenziale, ossia la sua variazione nel senso del raggio per unità di lunghezza; se riferiamo la rigidità dielettrica dei materiali al millimetro come unità di spessore ed esprimiamo tutte le lunghezze in millimetri, $\frac{dv}{d\rho}$ sarà la variazione di potenziale riferita al millimetro come unità di spessore, nel punto considerato.

Chiamando $V^{\rho}_{1\,mm.}$ questa variazione di potenziale

$$V^{\rho}_{1\,mm.} = \frac{0.434\, V}{\rho \log \frac{R}{r}} \qquad [3]$$

In questa equazione facendo $\rho = r$ oppure $\rho = R$ avremo la variazione di potenziale riferita al millimetro come unità di spessore, sul conduttore di raggio r ed all'estremo dell'isolante di raggio R.

Chiamando $V_{1°\,mm.}$ quella sul conduttore

$$V_{1°\,mm.} = \frac{0.434\, V}{r \log \frac{R}{r}} \qquad [4]$$

Chiamando V^{R}_{mm} quella sull'estremo isolante

$$V^{R}_{mm} = \frac{0.434\, V}{R \log \frac{R}{r}} \qquad [5]$$

Dalle [3], [4] e [5] appare subito che gli strati isolanti sono cimentati in modo ineguale: lo strato immediatamente sovrastante al

Digitized by Google

conduttore supporta una tensione più grande, quello estremo una tensione minore, a parità di spessore.

Come analogia meccanica ricorderò che le teorie del Brix, del Barlow e del Lamè per la resistenza dei tubi sottoposti a forti pressioni interne s'accordano ad indicare che la maggior tensione della materia si produce sulla parete interna. Le formule di Lamè e di Barlow ci dicono inoltre che l'aumento di spessore, al di là di certi limiti, non aumenta più la resistenza del pezzo. La formola [4] non ci dà un limite; ma mostra che, rimanendo r costante, la resistenza del pezzo, per chiamarla anche noi così, aumenta col logaritmo di $\frac{R}{r}$, vale a dire praticamente in limiti molto ristretti, come vedremo meglio con qualche esempio.

Qui ci si presenta subito un'osservazione. L'espressione [4] può avere un valore minimo, supponendo R costante e variando r. È un caso che può presentarsi anche nella pratica. Bisognerà rendere massimo il valore:

$$Z = r \log \frac{R}{r} \qquad \frac{dZ}{dr} = 0$$

$$\frac{R}{r} = e = 2.72 \qquad r = \frac{R}{2.72} \qquad [6]$$

Questo valore di r corrisponde teoricamente alle condizioni di massima sicurezza.

§ **C.** — Vediamo subito qualche esempio:

1° Siano $r = 4$ mm., $R = 10$ mm., cioè uno spessore isolante di 6 mm., $V = 20{,}000$ volt.

Avremo sul primo straterello adiacente al conduttore una tensione per millimetro di

$$V_{1^{\circ}\,\mathrm{mm.}} = \frac{0.434 \times 20{,}000}{4 \log \frac{10}{4}} = \frac{2170}{0.398} = 5450 \text{ volt}$$

Nello straterello al punto di mezzo dello spessore isolante ($\rho = 7$ mm.) la tensione per millimetro sarà:

$$V^{\rho}_{1\,\mathrm{mm.}} = \frac{0.434 \times 20{,}000}{7 \log \frac{10}{4}} = 3110 \text{ volt}$$

e nello straterello più esterno

$$V^{R}_{1\,\mathrm{mm.}} = \frac{0.434 \times 20{,}000}{10 \log \frac{10}{4}} = 2170 \text{ volt}$$

Digitized by Google

Vale a dire il primo straterello adiacente al conduttore è cimentato a due volte e mezzo la tensione che viene a sopportare l'ultimo straterello più esterno.

2° Sia $r = 1$ mm. e sia ancora $R = 10$ mm.; cioè lo spessore isolante è aumentato a 9 mm., rimanendo però il raggio totale dell'isolamento invariato.

Avremo:

$$V = 20{,}000 \text{ volt.}$$

$$V_{1^\circ \text{mm.}} = \frac{8680}{1 \log \frac{10}{1}} = 8680 \text{ volt}$$

Lo spessore isolante è aumentato ad una volta e mezza quella dell'esempio precedente; ma la sicurezza è diventata molto minore, perchè il materiale è qui cimentato ad una tensione massima che è più di una volta e mezza la tensione massima dell'esempio precedente. Sarà poi $V^{R}_{1^\circ \text{mm.}} = 868$ volt, cioè un decimo della tensione sul 1° millimetro.

3° Sia $r = 1$ mm. ed $R = 7$ mm. $V = 20{,}000$ volt

$$V_{1^\circ \text{mm.}} = \frac{8680}{\log 7} = \frac{8680}{0.845} = 10{,}200 \text{ volt}$$

Lo spessore isolante è come all'esempio 1°; ma la sicurezza è solo circa una metà, perchè la tensione massima sopportata dal dielettrico è quasi doppia di quella che si ha nell'esempio 1°.

Noto che alcuni dei così detti regolamenti di sicurezza sono molto spicci nell'assegnare gli spessori isolanti: tanti mila volt, tanti millimetri o date frazioni di pollice.

4° Fissato $R = 7$ mm., come nell'esempio precedente, prendiamo

$$r = \frac{R}{e} = \frac{7}{2.71} = 2.58 \text{ mm.} \qquad \log \frac{R}{r} = \log e = 0.434$$

allora la tensione massima sul dielettrico per $V = 20{,}000$ volt diviene

$$V_{1 \text{ mm.}} = \frac{20{,}000}{2.58} = 7700 \text{ volt}$$

Se avessimo obbligato il raggio R e ci bastasse un conduttore di raggio $r = 1$ mm. potrebbe quindi convenire prendere un conduttore più grosso, $r = 2.58$ mm., per avere una sicurezza maggiore.

Digitized by Google

Un caso simile può presentarsi nei cavi per altissime tensioni, nei quali il rame ha spesso una sezione assai piccola.

§ **D.** — Ora nella pratica costruttiva il problema si posa così.

Ho un conduttore di raggio r da isolare convenientemente per una tensione di V volt. Il materiale isolante di cui dispongo si può cimentare ad un massimo di v volt per millimetro. Determinare lo spessore dell'isolante.

Cominciamo coll'adottare un coefficiente di sicurezza s. E qui mi si presenterebbe materiale per un volume di considerazioni, se non temessi di abusare troppo della vostra pazienza. Nella pratica di costruzioni meccaniche si adotta, per esempio, un coefficiente 6, 7, 10, a seconda dei casi: ma si conosce appuntino la resistenza del materiale che s'impiega. Conosco il modulo di elasticità del ferro, dell'acciaio, della ghisa, il carico di rottura, il carico al limite di elasticità; posso al caso esperimentare i materiali che voglio adoperare, e se la fabbrica che li fornisce è coscienziosa ed esperta sono presso a poco sicuro della uniformità di tale materiale. Prendo ciò non ostante nelle costruzioni meccaniche un coefficiente di sicurezza abbastanza forte, 6, 8, 10, per parare ad ogni eventualità, eppoi perchè non incontro a così fare difficoltà tecniche speciali.

In qualche caso però il coefficiente di sicurezza si deve tenere molto basso; e citerò un esempio che ho spesso sott'occhi: il grappinaggio di un cavo sottomarino a grandi profondità di 4, 5, 6 mila metri. Il peso solo di questa immane lunghezza di cavo sospeso dalla superficie del mare al fondo durante i grappinaggi è tale che, col miglior materiale disponibile, si è ridotti ad un coefficiente di sicurezza di 2.5-2 od anche meno. Ma, ritornando ai dielettrici, la cosa è molto diversa: abbiamo qui a fare generalmente nella pratica con corpi organici, derivati da corpi organizzati: lacche, resine, olii, carta, gomme, tessuti; e che dei corpi organizzati hanno tutti i capricci, tutta la straordinaria varietà di atteggiamenti. Una buona fabbrica di acciaio vi garantisce di farvi l'anno venturo la identica qualità di acciaio che fa oggi; nessuno invece può sapere se l'olio di resina, la gomma che si trova oggi sul mercato si ritroverà identicamente l'anno venturo, e neanche può garantire l'identità di tutta una sola fornitura di materiale. Data anche l'identità della materia prima, nessuno può garantire l'identità dielettrica del prodotto lavorato. Da questa instabilità deriva una prima sorgente di difficoltà; i risultati che si possono ottenere non sono esattamente simili, per causa della variazione della materia prima o del prodotto lavorato. Inoltre che cosa prendo io come rigidità

Digitized by Google

dielettrica per procurarmi dei dati esperimentali? Debbo provare il materiale fra piani, fra sfere, fra punta e piano, fra cilindri?... Con corrente continua, con corrente alternata, con correnti oscillatorie? E la frequenza? E la forma pianeggiante od a punta della curva alternata? E la durata di applicazione della corrente, e lo spessore dello strato dielettrico? Un'infinità di circostanze, un'infinità di opinioni, una discrepanza dei risultati, la quale fa sì che i valori ottenuti da vari sperimentatori od anche da vari esperimenti, non si possano comparare esattamente, controllare, coordinare; e perciò ci manca una vera tabella della rigidità dielettrica dei materiali, che possa servire di base sicura ai nostri calcoli. In questa nostra ignoranza noi dovremmo stabilire un coefficiente di sicurezza molto elevato, che comprendesse anche il nostro coefficiente d'ignoranza; mentre invece, come vedremo subito, la natura stessa del fenomeno c'imporrà assolutamente di mantenere tale coefficiente relativamente basso, appena ci attacchiamo alle tensioni molto elevate.

Per lo scopo che ci occupa, volendo avere un'idea concreta della rigidità dielettrica, è certamente meglio esperimentare gli isolanti in forma di cavi ovvero di tubi, avvolgenti un conduttore interno ed avvolti essi stessi da un involucro metallico esterno; provare tali isolanti a differenze di potenziali crescenti sino a perforazione, ottenute con trasformatori ordinari, e dedurre quindi la tensione massima cui può essere sottoposto un millimetro di spessore, nelle condizioni dello sperimento. Ci avvicineremo così alle condizioni pratiche in cui questi isolanti lavorano. Orbene, i migliori isolanti che la pratica ci può fornire per la costruzione dei cavi, o dei tubi per alternatori, cioè la gomma elastica e la micanite, sono perforati a tensioni di circa 12,000 volt per millimetro. Questo possiamo prenderlo come un dato di esperienza, per tensioni mantenute qualche ora sul dielettrico, per correnti alternate comuni, materiali buoni, esperimentati in quantità abbastanza larga, in modo da comprendere anche le inevitabili irregolarità di fabbricazione. Si potrà trovare qualche volta di più, ma non c'è da farvi assegnamento sicuro. Provando della mica in foglie, o foglie di buona gomma, si possono avere cifre molto maggiori, specialmente se gli spessori sono assai piccoli; ma allora non siamo nelle condizioni della fabbricazione.

Coi piccoli spessori c'è forse una sorgente di errori dovuta alla pellicola di aria interposta; chi sa poi che non esista pure un fenomeno speciale alla superficie di separazione fra dielettrico e conduttore, analogo a quello della tensione superficiale o costante di capillarità che si studia nella meccanica dei liquidi?

Digitized by Google

§ E. — Supponiamo dunque di dover fare un tubo di micanite od un cavo per isolare un conduttore di 10 mm. di raggio ad una tensione di 20,000 volt. Supponiamo della micanite o della gomma che si possa far lavorare ad un massimo di 12,000 volt al millimetro, e supponiamo di prendere un coefficiente di sicurezza di 3.2, di modo che il primo strateretto venga ad essere cimentato nella ragione di 3750 volt per millimetro. Trovare lo spessore isolante.

Avremo subito dalla formula [4]:

$$3750 = \frac{0.434 \times 20{,}000}{10 \log \frac{R}{10}} \qquad \log \frac{R}{10} = 0.231$$

$$R = 17$$

donde uno spessore di 7 mm.

Se avessimo un conduttore di 7.5 mm. di raggio

$$r = 7.5 \qquad \log \frac{R}{7.5} = 0.308 \qquad R = 15.25$$

donde uno spessore di 7.75 mm.

Ora viene un cliente e vuole che gli alternatori od i cavi siano provati a 40,000 volt. La fabbrica offre 30,000, ma il cliente è irremovibile. Lasciamo da parte, se trattasi di alternatori, la maggior lunghezza che occorrerà all'esterno per distanziarsi dal ferro, le maggiori difficoltà e costi di costruzione, e resistenze maggiori nel conduttore; donde rendimento minore anche per questa sola ragione; lasciamo da parte i maggiori diametri totali, pesi, difficoltà d'ogni genere, se trattasi di cavi, e vediamo che cosa succede del tubo di micanite o di gomma.

Il fabbricante vuole avere anche lui un coefficiente di sicurezza suo proprio: non può già costruire giusto giusto per 40,000 volt, col rischio di doversi poi tenere la sua macchina od il suo cavo. E poi, l'ho già detto, la rigidità dielettrica non è una costante su cui si possa fare pieno assegnamento, come sarebbe la resistenza alla trazione di una data qualità d'acciaio; ed il fabbricante sa anche troppo bene che di due cavi o tubi costruiti insieme, nello identico modo, coll'identico materiale e con le stesse cure, uno brucerà, per esempio, a 50,000 volt l'altro a 60,000. Il fabbricante vorrà dunque avere anche lui un coefficiente di sicurezza per la prova. Questo è ciò che il cliente generalmente non prende in considerazione. Egli crede che il limite di prova offerto dalla fabbrica sia l'estremo limite al di là del quale il materiale non resiste più. Ciò

Digitized by Google

non è effettivamente; e la contrattazione sulla tensione di prova, e la tensione di prova maggiore che il fabbricante accorda, quando non può farne a meno, provengono da un'alea alla quale il fabbricante si decide a sottostare, per tema della concorrenza. La maggiore o minore tensione di prova che egli accetta, o a dir meglio subisce, piuttosto che dalla bontà effettiva del suo materiale, proviene dalla maggiore o minore audacia commerciale (non tecnica) di affrontare l'alea cui si espone con prove eccessive. Tanto che, in questa singolare contrattazione, la parte tecnica di una fabbrica è sempre dura a concedere, ed è la parte commerciale che a poco a poco si arrende alle imposizioni del cliente. Ad ogni modo il fabbricante, quando non sia troppo audace, si preoccuperà di queste prove a tensioni eccessive, anche rispetto al riscaldamento che, per isteresi dielettrica e per conducibilità, vengono a soffrire questi isolamenti, se cimentati a tensioni troppo alte. Col coefficiente di sicurezza da lui ammesso vede che il tubo o cavo può, se non perforarsi, almeno riscaldarsi eccessivamente o subire una degradazione nelle sue proprietà dielettriche. Egli è così condotto ad aumentare il coefficiente di sicurezza primitivamente scelto, per esempio da 3.2 a 4, aumento abbastanza modesto del 25 per cento, vale a dire fa lavorare a 3000 volt per millimetro al massimo il suo isolante. Allora

$$3000 = \frac{0.434 \times 20{,}000}{10 \log \frac{R}{10}}$$

$$\log \frac{R}{10} = \frac{868}{3000} = 0.290 \qquad R = 19.55$$

spessore 9.55 mm.

cioè lo spessore è aumentato del 37 per cento.

Per $r = 7.5$ mm. $V = 20{,}000$, si avrebbe:

col coefficiente	3.2	$R = 15.25$	spessore	7.75 mm.
» »	4.0	$R = 18.25$	»	10.75 mm.

cioè 39 per cento di aumento di spessore.

I volumi degli isolanti sono poi aumentati in entrambi i casi di circa 55 per cento.

Se volessimo prendere i coefficienti di sicurezza alti come si usano

Digitized by Google

nelle costruzioni meccaniche, 7, 8, 10, arriveremmo a spessori enormi. Supponiamo un coefficiente 8, allora avremo:

$$\frac{12{,}000}{8} = 1500 = \frac{0.434 \times 20{,}000}{10 \log \frac{R}{7.5}}$$

$R = 44.4$; spessore isolante circa 37 mm.

spessore stravagante e proibitivo.

Riducendo il coefficiente di sicurezza a 6, si avrebbe $R = 28.5$, donde spessore isolante 21 mm.

Vediamo dunque come rapidamente aumentino gli spessori aumentando la tensione che si esige alla prova, ossia il coefficiente di sicurezza.

Notiamo ancora un altro fatto. Quando si dice cavo per una rete trifase a 20,000 volt od alternatore trifase a 20,000 volt, la tensione di 20,000 volt è quella fra due fasi o due conduttori; fra una fase e la terra è generalmente $\frac{20{,}000}{\sqrt{3}} = 11{,}600$ volt. Il cavo o l'alternatore devono certo essere calcolati in modo che se una fase va accidentalmente a terra (cosicchè il potenziale delle altre fasi rispetto alla terra diventi 20,000 volt) le altre fasi possano reggere a questo potenziale, e non andare esse pure necessariamente a terra. Ma il caso di una fase a terra non è allora l'esercizio normale dell'impianto, per cui il coefficiente di sicurezza di simile esercizio anormale potrebbe o dovrebbe essere tenuto più basso. Viceversa accade anche che si domandi, per esempio, in un alternatore a 20,000 volt, una prova a 40,000 volt fra ogni fase e la terra; la tensione di prova viene così a raggiungere tre volte e mezzo la tensione di esercizio, ciò che è veramente enorme per tensioni simili.

§ **F.** — Una breve digressione. Supponiamo di dover isolare un filo di $^1/_{10}$ di millimetro di diametro per 100,000 volt, e supponiamo di avere a nostra disposizione un materiale che resista ad un massimo di 12,000 volt per millimetro. Calcoliamo lo spessore isolante pur lavorando a questo massimo:

$$12{,}000 = \frac{0.434 \times 100{,}000}{0.05 \log \frac{R}{0.05}}$$

$$\log \frac{R}{0.05} = \frac{43{,}400}{600} = 72{,}330$$

$$\frac{R}{0.05} = 215 \times 10^{70} \qquad R = 10.75 \times 10^{70} \text{ mm.}$$

Digitized by Google

Un numero strabiliante che non possiamo neanche immaginare. Che cosa significa ciò?... Che non si può isolare un filo simile per detta tensione? Tesiamo il filo fra due grandi isolatori ed attacchiamolo a 100,000 volt. L'isolante è qui aria che ha una rigidità dielettrica ben minore di 12,000 volt per millimetro. Noi possiamo benissimo fare a questo modo una linea, che trasporti effettivamente della energia sotto tale tensione. Ma se esaminiamo il filo sotto tensione, specialmente stando nell'oscurità, vediamo che è divenuto luminoso; l'elettricità sfugge, per così dire, dalla superficie del filo, e il filo appare coperto da un effluvio, che ha un certo diametro; di modo che, invece del filo, vediamo proprio un cordone luminoso, che ha qua e là qualche punto più appariscente. Noi possiamo ammettere che l'aria sia diventata conduttrice nei limiti dell'effluvio, ed allora, per quanto riguarda la distribuzione del potenziale nell'aria circostante, non possiamo più considerare il conduttore di $^1/_{10}$ di millimetro di diametro, ma il conduttore virtuale, avente il diametro dell'effluvio; ed è facile calcolare che, se supponiamo l'aria resa conduttrice anche solo per un millimetro di spessore, ossia un raggio di effluvio di 1.05 mm., quel R così strabiliante calcolato più sopra si ridurrebbe a soli 2720 mm.

§ **G.** — Un tubo di micanite di un alternatore dà un effluvio, un filo isolato con gomma e sospeso nell'aria fra isolatori dà un effluvio, quando il potenziale oltrepassa un certo limite. Qual'è la spiegazione di questo fenomeno? Tralasciamo ciò che è derivazione superficiale fra le due armature del condensatore così formato, e notiamo solo l'effluvio vero, vale a dire elettricità che attraversa la massa isolante e si disperde nell'aria. Riprendiamo il conduttore di 10 mm. di raggio con un isolamento di 7 mm. di spessore già calcolato più sopra (§ *E*). Portiamo questo conduttore, per esempio, a 40,000 volt. Allora dalle formule note appare che il primo straterello, sul conduttore, lavora a 7500 volt per millimetro e l'ultimo a 4500 volt per millimetro circa. Lo straterello d'aria sovrastante al tubo di micanite, fra il tubo e il ferro, sarà esso pure portato ad una tensione simile, alla quale l'aria non può resistere, al potenziale indicato; donde un effluvio.

Naturalmente se esistesse uno strato d'aria fra il conduttore ed il tubo di micanite, se, per esempio, il conduttore fosse come sospeso nell'interno del tubo di micanite, il gradiente del potenziale nell'aria, fra il conduttore ed il tubo, sarebbe il massimo nelle condizioni dell'esperienza, e l'aria sarebbe tutta riempita da effluvio,

Digitized by Google

anche più vivo che nel caso considerato dell'aria sovrastante al tubo di micanite.

Supponemmo qui sopra uno straterello d'aria di spessore assai piccolo sulla superficie esterna del tubo; ma supponiamo ora che esso abbia dimensioni apprezzabili: per esempio il tubo di micanite sia come sospeso entro il ferro, ad una distanza di 2 mm. dal ferro. Effettivamente dovremo allora considerare uno spessore isolante di 9 mm., di cui 7 di micanile e 2 di aria; R nella nostra formula diverrebbe allora 19; e se applicassimo la formula tal quale, ne risulterebbe che l'ultimo straterello di aria sarebbe cimentato a

$$V_u = \frac{0.434 \times 40{,}000}{19 \times \log \frac{19}{10}} = \frac{915}{0.279} = 3270 \text{ volt per millimetro}$$

§ **H.** — Ma così non è effettivamente. Ed infatti noi abbiamo qui sovrapposti due dielettrici a capacità induttiva specifica molto diversa. Supponiamo che la micanite abbia 5, l'aria essendo 1. (La mica ha ordinariamente da 5, 7 ad 8, la lacca circa 3, la carta pura 2, e prendo perciò 5 per la micanite). Avremo allora un condensatore a micanite, raggi 10 e 17, ed uno ad aria, raggi 17 e 19; la capacità del primo sta a quella del secondo, come 21.7 a 20.8; e siccome i potenziali si dividono in ragione inversa della capacità, $\frac{21.7}{42.5} \times 40{,}000 = 20{,}500$ sarà la tensione sopportata dallo strato d'aria, $\frac{20.8}{42.5} \times 40{,}000 = 19{,}500$ quella sopportata dalla micanite; naturalmente l'aria non può resistere e ne nasce un effluvio vivissimo.

Non sarebbe difficile trovare anche in meccanica esempi consimili, che aggiungendo dei materiali inopportunamente si peggiorino le condizioni generali del sistema.

Le considerazioni qui sopra mostrano però un modo di migliorare effettivamente i nostri isolamenti, tenendo conto della diversa capacità dei materiali.

Vediamo infatti che quello straterello d'aria ha preso da solo metà del potenziale totale, alleggerendo così la tensione sul primo millimetro di isolante. In questo caso non si avrebbe un miglioramento, perchè lo strato esterno d'aria verrebbe ad essere troppo cimentato; ma vediamo, qui esagerata, la influenza di uno strato esterno di materiale avente piccola capacità specifica, influenza che può rendersi benefica. Una simile sovrapposizione di materiali aventi capacità e rigidità dielettrica diversa si trova di continuo nella pra-

Digitized by Google

tica, per necessità costruttive, ma è spesso adoperata senza esatto raziocinio e quindi riesce dannosa, invece che utile. Una distribuzione razionale può invece migliorare gli isolamenti. Molte case fanno per esempio i tubi di micanite in sola mica, agglomerata insieme con lacche; ma altre, reputatissime, li compongono con mica e carte alternate, allo scopo, dicono, di avere così un prodotto più elastico e di maggiore resistenza meccanica, e perciò di maggiore durata, sotto questo rispetto. Le considerazioni suesposte mostrano in quali cattive condizioni venga a trovarsi la carta frapposta, che ha una rigidità dielettrica minore della mica; la sua minore capacità specifica richiamerà su di essa una maggiore tensione, tanto più che lo strato interno, e per uno spessore notevole, viene fatto di carta. Nel tubo di micanite di 10 mm. di raggio e 7 mm. di spessore, cimentato a 40,000 volt, abbiamo veduto che lo strato interno lavora a 7500 volt e lo strato esterno a 4500 volt; l'ideale sarebbe che tutti gli strati lavorassero egualmente a $\frac{40{,}000}{7} = 5700$ volt. Ora potremo avvicinarci a questo ideale mettendo negli strati più interni solamente mica; e poi ci vorrebbe un materiale di minore capacità specifica, che pompasse, per così esprimermi, il gradiente troppo elevato sul primo strato, per distribuirlo più uniformemente nello spessore isolante; e si potrebbe allora adottare, sull'esempio di quei costruttori, strati alternati di carta e mica, terminando pure all'esterno con sola carta come pare la pratica abbia suggerito ai costruttori di cui parlo qui. Si dirà che la carta interposta lavorerà ad ogni modo più della mica: ciò è vero; ma insomma sarà un compromesso tra la teoria e la pratica, ma un compromesso nel senso giusto, evitando di mettere nello strato più cimentato esclusivamente carta, che ha rigidità dielettrica minore della mica e che, colla sua minore capacità specifica, viene ancora ad aggravare le condizioni in cui lavora il primo strato. Un tubo di micanite, per tensioni di 15,000 volt, di una fabbrica di alternatori che gode meritamente la più alta riputazione, è invece costrutto così: uno strato interno di carta di 0.5 mm., poi strati di mica di 0.3-0.4-0.5 mm. alternati con strati di carta di circa eguali spessori, ed all'esterno uno strato di carta di 0.5 mm., formando così uno spessore totale di 7.7 mm. circa. Ciò è irrazionale. D'altronde non sono neanche razionali gli spessori usati dai fabbricanti in genere, che non tengono alcun conto del diametro interno del tubo, ma, partendo da un minimo di 2 mm. circa per 5000 volt, aumentano un millimetro ogni altri 3, 4, 5 mila volt.

Per i fili isolati e cavi sta un ragionamento identico, e conver-

Digitized by Google

rebbe adottare, pei primi strati, un materiale di grande rigidità dielettrica ed insieme di maggiore capacità specifica che non negli strati successivi. Solo che la gomma pura vulcanizzata ha relativamente piccola capacità e grande rigidità dielettrica; ed occorrerebbe aumentare la capacità, senza nuocere alla rigidità, coll'aggiungere alla gomma materiali estranei, ciò che si può ottenere entro certi limiti. Però, senza avere la pretesa di ottenere un gradiente di potenziale costante in tutto lo spessore dielettrico, possiamo notare senz'altro che, dopo un certo spessore, il gradiente del potenziale è già abbastanza diminuito da non esigere più un materiale di così notevole rigidità come è la gomma, e si può ricor rere a materiali molto meno costosi, come sono la carta impregnata di miscele isolanti, oppure la juta impregnata nello stesso modo. Questi sono i concetti che hanno guidato alla fabbricazione dei cavi tipi G. R. della ditta Pirelli & C., da essa esperimentati fino dal 1898, e pei quali essa ottenne un brevetto nel marzo 1900.

In detti tipi di cavi il conduttore viene isolato dapprima con uno o più strati di gomma, sino a che, tenuto conto del coefficiente di sicurezza, il gradiente del potenziale arrivi ad un punto in cui si possa continuare con un isolamento in carta impregnata di miscele isolanti; in seguito alla carta si può continuare poi con juta impregnata di miscele isolanti, se il gradiente del potenziale lo permette. Si tiene conto nel calcolo delle rispettive capacità specifiche che però non sono qui così dissimili come nel caso della micanite a base di carta, lacca e mica. A questo modo si può arrivare a fabbricare buoni cavi, per 20, 25 mila volt, abbastanza economici, perchè il materiale gomma, più costoso, viene concentrato colà solo ove la sua maggiore rigidità dielettrica viene effettivamente utilizzata.

§ 1. — Abbiamo fin qui supposto che i conduttori siano circolari. Ma così sono raramente nella pratica. I tubi di micanite affettano spesso una forma ovale, oppure di due semicerchi raccordanti due pareti piane parallele, oppure la forma di una finestra con un arco superiore a pieno centro. Entro questi tubi si tirano poi i conduttori che hanno talora la forma di una sola sbarra attraversante il tubo, talora sono vari conduttori isolati costituenti le varie spire di una bobina, e questi conduttori isolati sono essi stessi formati talora da un conduttore unico circolare o rettangolare e talora da corde composte da più fili rotondi insieme avvolti. È manifesto che nel caso di sbarre rettangolari o trapezie gli spigoli delle sbarre costituiscono il punto pericoloso su cui devesi fermare la nostra attenzione, ed occorrerà, per alte tensioni, che questi spigoli siano arrotondati. Se

Digitized by Google

abbiamo poi una corda di sette fili di rame, ognuno per esempio di 2 mm. di diametro, il nostro calcolo devesi basare sul diametro della corda, 6 mm., oppure su quello del filo elementare, 2 mm.? Questo è un punto essenziale anche per l'isolamento dei cavi sotterranei, il cui conduttore è generalmente formato da una corda di fili di rame.

Se noi consideriamo due punti come *a* e *b* su due fili contigui di una corda (fig. 2) e riflettiamo che le linee di forza escono normalmente alla superficie del conduttore, vediamo che queste linee avrebbero tendenza ad incontrarsi se seguitassero nel loro cammino iniziale. Il campo non è libero per una linea di forza che esca normalmente da *a* o da *b*, per cui non si ha qui grande tendenza ad emanazione di linee di forza. Nei punti *c c*, tangenti al circolo circoscritto, le linee di forza trovano invece il campo affatto libero; di modo che potremo concludere che è il diametro totale della corda quello da prendersi in speciale considerazione e non quello del filo elementare; senza escludere per altro che una qualche influenza possa avere anche quest'ultimo (1). Certamente se la corda si aprisse alquanto in un punto ed un filo elementare ne uscisse fuori, distaccandosi abbastanza dall'insieme della corda, questo filo elementare si potrebbe considerare come a sè, indipendentemente dal rimanente della corda, e l'isolamento dovrebbe essere calcolato in base al suo diametro. Si usavano un tempo per esempio i fili così detti piloti, anche nei cavi per alte tensioni, ottenuti generalmente cordando coi vari fili di rame *r r r* conduttori, un filo di rame molto più fino isolato, sino ad avere il diametro degli altri fili, in modo da ottenere una corda regolare (fig. 3). Nei cavi per alte tensioni questi fili piloti *p* così costituiti non diedero sempre buona prova; e questo è probabilmente dovuto al piccolo diametro del filo elementare, che si trova già abbastanza distaccato dal fascio conduttore, e lo diventa anche più se un accidente di fabbricazione, facile a verificarsi data la poca rigidità meccanica del filo, lo fa sbalzare ancora più fuori. Lo spessore isolante può allora diventare troppo piccolo, in un filo così fino, per opporsi a quelle grandi sopraelevazioni di tensione che si notano talvolta nelle reti sotterranee.

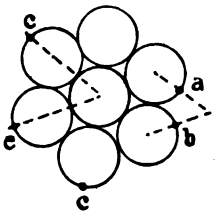


Fig. 2.

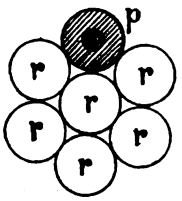


Fig. 3.

(1) A questo problema assai difficile della distribuzione del potenziale del dielettrico sovrastante ad un conduttore stellato, ho potuto recentemente interessare uno dei nostri più illustri fisici-matematici, e spero potremo averne una soluzione.

Digitized by Google

Nel caso di conduttori infilati in tubi di micanite, bisognerà analogamente considerare se i conduttori delle varie spire sono così sufficientemente ravvicinati da poterli ritenere come un tutto, nel quale si possa fare astrazione dal diametro del conduttore elementare e quindi calcolare lo spessore in base alla curvatura del tubo, oppure se questo diametro venga ad avere influenza preponderante.

Alcune fabbriche di macchine per alte tensioni hanno abolito affatto i tubi di micanite. Esse fanno le bobine a parte, sopra una sagoma e quindi avvolgono queste bobine con parecchi nastri di tela imbevuta di vernici isolanti, alternati con strati di vernice ottenuti per immersioni successive, dopo completo prosciugamento degli strati sottostanti. La fig. 4 rappresenta una sezione di una bobina di questo genere. È manifesto che in una bobina simile i punti pericolosi sono negli spigoli *a a a* ....., ove il raggio di curvatura è minimo, e spesso non è molto superiore al raggio del conduttore elementare. Ed infatti esperimentando queste bobine esse bruciano generalmente negli spigoli.

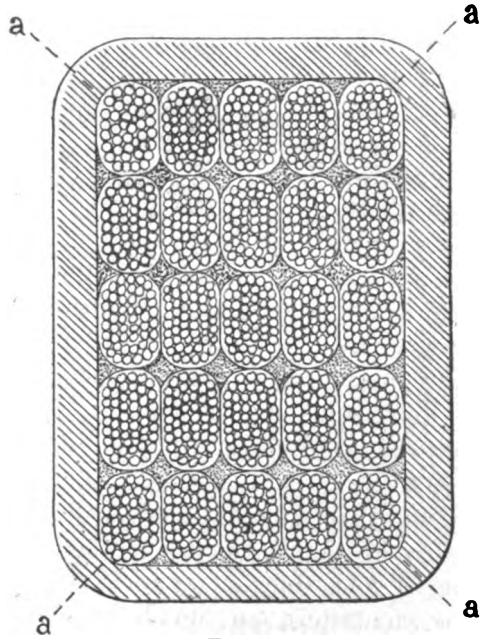


Fig. 4.

Non ho avuto occasione di esperimentare largamente la rigidità dielettrica e la capacità induttiva di questi nastri verniciati, ma ritengo che tanto la capacità che la rigidità siano minori di quelle della mica, ed allora questi isolamenti si potrebbero migliorare moltissimo facendone i primi strati con mica; basterebbe uno spessore di 1 mm. o poco più per averne vantaggi notevoli. Uno spessore di mica così ridotto mi pare si potrebbe mettere facilmente senza sacrificare le qualità meccaniche di tale tipo d'isolamento.

È forse anche degno di studio il vedere se, in qualche caso almeno, non sarebbe possibile migliorare l'isolamento degli alternatori, infilando nei tubi di micanite, dei tubi metallici sottili ed aperti lungo una generatrice; oppure coprendo l'insieme della bobina con una foglia metallica sottile, in modo da aver sempre grandi raggi di curvatura. Se la bobina non è sede di fem. elevata, basterà generalmente un sottile isolamento fra la bobina e questa copertura me-

Digitized by Google

tallica, nella quale bisognerà naturalmente evitare la formazione di correnti parassite.

Un dispositivo simile è adottato in alcuni cavi per altissime tensioni della ditta Pirelli & C. Il conduttore, formato da una corda di rame, è avvolto da un tubo di piombo, prima di prendere le fasciature isolanti. In detti cavi la sezione richiesta è generalmente assai piccola, e questo provvedimento giova ad aumentare il diametro del conduttore, il quale prende poi una forma perfettamente rotonda, mettendosi così al riparo da quella qualche influenza che potrebbe avere il raggio del filo elementare della corda; inoltre questo tubo di piombo difende benissimo la gomma sovrastante dal contatto col rame.

A suffragare questo insieme di considerazioni ho fatto alcuni esperimenti, di cui riferisco qui brevemente i principali risultati.

Ad un filo metallico *A*, teso fra isolatori, appendo vari fili di diverso diametro da 0.1 mm. a 7-8 mm. e varie corde o trecce di fili di vario diametro esterno complessivo, i cui fili elementari hanno pure diametro variabile. Poi attaccato il filo *A* al polo di un trasformatore, il cui altro polo è unito ad un filo parallelo ad *A*, tesato pure su isolatori, innalzo man mano la tensione del trasformatore sino a 150,000 volt, e vedo che l'effluvio si manifesta dapprima nei fili di 0.1 mm., poi nei fili di 0.2 . . e così via, ma non nelle corde formate da questi fili; l'effluvio avviene prima sul filo di 1 mm. di diametro che non in una corda di filo di 0.1 mm. avente il diametro totale di 2-3 mm.; ciò significa appunto che è il diametro totale della corda che ha influenza preponderante sul fenomeno e non quello del filo elementare. Altro esperimento: se intorno ad un tubo metallico di 5-6 cm. di diametro avvolgo un filo di rame di mm. 0.1 a larga spira, il tutto unito al polo di un trasformatore come sopra, non si ha effluvio sino a che il filo di rame di 0.1 mm. è aderente al tubo metallico; lo si ha solo se si scosta in qualche punto di qualche millimetro.

Un altro esperimento convincente ed istruttivo è il seguente.

Facciamo una corda concentrica a 91 fili eguali di $^1/_{10}$ di millimetro ciascuno, formata, come tutti sanno, da un filo centrale di 0.1 mm., sul quale sono avvolti 6 fili di 0.1 formando una corda a 7 fili; su questa si avvolge un'altra corona di 12 fili, formando una corda a 19 fili; su questa una corona di 18 fili forma la corda a 37 fili, sulla quale altra corona di 24 fili forma una corda a 61 fili, e finalmente su di essa una corona di 30 fili formerà una corda di 91 fili. Ebbene spogliamo a coda di topo questa corda, in modo da avere in principio una corda a 91 e successivamente corde a 61, 37, 19, 7 fili ed il filo unico centrale. Attacchiamo fra due isolatori

Digitized by Google

distanti circa 1 metro dal suolo o da ogni altro oggetto e uniamo al polo di un trasformatore, il cui altro polo è a terra. A circa 6000 volt vedremo un effluvio manifestarsi sul filo centrale; a circa 11,000 l'effluvio avrà guadagnato anche la corda a 7 fili; a circa 16-17 mila anche la corda a 19; a circa 22,000 anche la corda a 37; a circa 27-28 mila anche la corda a 61, e solo a circa 33,000 volt anche la corda a 91 fili emanerà effluvi.

Ciò significa che il diametro della corda ha influenza preponderante sul fenomeno e non quello del filo elementare. Quest'esperimento, come altri fatti coll'aria come isolante, mi pare rappresentino identicamente quanto avverrebbe in un conduttore isolato con gomma o tubi di micanite, col vantaggio di essere meno costosi, più evidenti e forse anche più precisi.

§ L. — Un esperimento interessante per vedere l'influenza del raggio del conduttore sull'effluvio è il seguente. Su una serie di buoni isolatori tesiamo una linea metallica composta di fili di diverso diametro. Io ho esperimentato con una linea composta di fili di mm. 0.12, 0.250, 0.500, 1, 2, 4, 6, 7.6-10, 12-15 mm. di diametro; la linea era portata da isolatori distanti circa m. 1.50 dal suolo o dagli oggetti circostanti. Questa linea era poi attaccata ad un polo di un trasformatore di cui l'altro polo era isolato, congiunto solo ad una ramificazione a punte analoga ai dispersori dei parafulmini. Poscia s'innalzava man mano la tensione del trasformatore sino a vedere un effluvio successivamente nei vari fili. Alla tensione di 12,300 volt si aveva effluvio solo nel filo di mm. 0.120; a 18,200 volt l'effluvio guadagnava il filo di mm. 0.250; a 28,000 volt il filo di mm. 0.500; a 42,000 volt quello di mm. 1; a 57,000 volt quello di mm. 2; a 81,000 volt quello di mm. 4; a 106,000 volt quello di mm. 6; a 127,000 volt quello di mm. 7.6; a 152,000 volt quello di mm. 10; a 185,000 volt quello di mm. 12, ed a 196,000 volt non si aveva ancora effluvio nel filo di mm. 15. Io chiamo qui effluvi non quei punticini luminosi sparsi irregolarmente sul filo, la cui natura non è ben definita, ma una emanazione continua e presso a poco uniforme, benchè leggera, su tutta la superficie.

Nelle linee per trasporto di energia si hanno effluvi a tensioni ben minori; ma allora i due o tre poli del trasformatore sono attaccati ai fili di linea, per cui il campo è più ristretto ed intenso. Nelle esperienze qui sopra, inoltre, le tensioni accennate sono quelle del trasformatore; ma il filo, rispetto agli oggetti circostanti, aveva, possiamo ammettere, solo una differenza di potenziale metà di quella del trasformatore. Guardando questa linea nel buio si nota che l'effluvio è più o meno vivo, a seconda dei diametri dei fili; in modo

Digitized by Google

che, apparentemente, i fili vengono ad avere presso a poco tutti lo stesso diametro.

La curva (fig. 5) rappresenta il fenomeno. Se ci riportiamo alla formula (4)

$$v_{1^{\circ}\,\mathrm{mm.}} = \frac{0.434\ V}{r \log \frac{R}{r}}$$

noi potremo supporre che l'effluvio in un filo cominci quando $v_{1^{\circ}\,\mathrm{mm.}}$ è maggiore della rigidità dielettrica dell'aria. La curva dovrebbe quindi essere rappresentata da un'equazione della forma della formula (4), ma effettivamente la rigidità dielettrica dell'aria non è una costante; cioè, se portiamo come ascisse la distanza esplosiva nell'aria e come ordinate la tensione corrispondente, otteniamo una curva che volge la concavità verso l'asse dell'ascisse. La curva della fig. 5 potrebbe così essere una combinazione della curva delle distanze esplosive con altra avente un'equazione analoga a quella della formula (4). Similmente potremo supporre che il raggio dell'effluvio sia quello che rende l'aria conduttrice sino ad una distanza tale, che il raggio dell'effluvio, sostituito ad r nella formula (4) dia $v_{1^{\circ}\,\mathrm{mm.}}$ minore della rigidità dielettrica dell'aria, e così potremo spiegare il fatto che i diversi conduttori sotto l'effluvio appaiono dello stesso diametro.

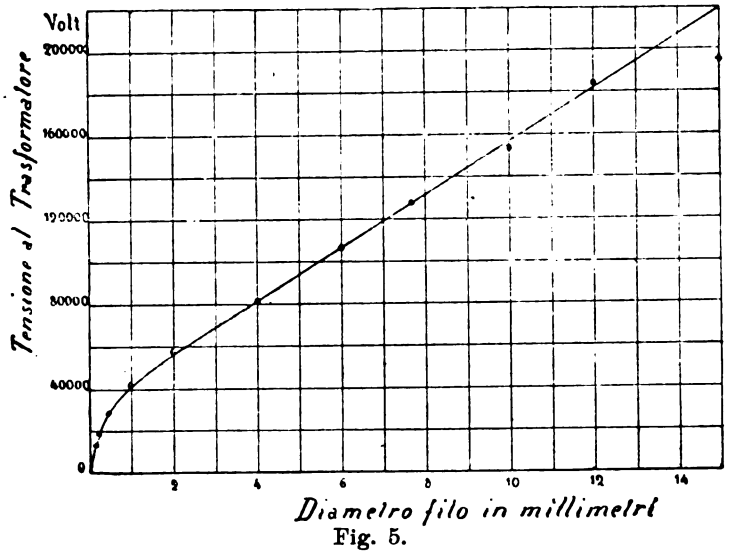


Fig. 5.

Naturalmente non vorrei che si prendesse questo concetto di raggio dell'effluvio in un senso troppo preciso, troppo matematico; l'effluvio implica un cambiamento nella distribuzione del campo, il quale non può più essere esattamente rappresentato dalle nostre formule, che presuppongono cariche libere solo alla superficie del conduttore. Nondimeno, qualitativamente, il fenomeno parmi si presenti come ho detto, e questi calcoli possono intanto servire a darci una prima idea del suo andamento.

Digitized by Google

§ **M.** — Altri esperimenti ho voluto fare su altri lati della questione. Ecco qui ad esempio un filo isolato avente un conduttore *c* rivestito con un forte isolamento in gomma (fig. 6). In costruzione, intermedi allo spessore isolante *i*, vennero tirati due fili finissimi metallici *a b*; sottoposto ad una corrente alternata fra *c* e il piombo esterno a terra, misuro con un elettrometro le differenze di potenziale fra *c* ed *a*, fra *a* e *b*, fra *b* e il piombo, e verifico che queste differenze concordano colle formule sovra stabilite.

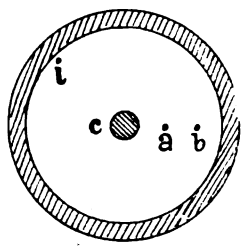


Fig. 6.

Ho qua due altri conduttori isolati con gomma, uno di $^1/_{10}$ di millimetro di diametro, l'altro formato con una cordicella di 70 fili di mm. 0.25 ognuno, avente un diametro complessivo di $^{14}/_{10}$ di millimetro. Sono isolati con lo stesso spessore di gomma (circa mm. 7) e sottoposti allo stesso trattamento ad alta tensione. Il conduttore di $^1/_{10}$ di millimetro è bruciato fra 8-10 mila volt, l'altro a 20-22 mila volt. Se calcoliamo la tensione massima che venne sopportata sul primo straterello isolante, nel filo di mm. 0.1 isolato, troviamo 32,000 volt per millimetro, mentre in quello di $^{14}/_{10}$ è solo 12,000 volt. Ora 32,000 volt per millimetro è una tensione molto più alta di quella che normalmente la gomma può sopportare. Ciò può forse essere dovuto un effluvio che abbia reso conduttore un primo straterello di gomma come abbiamo visto succedere nell'aria; ma possiamo notare che è molto difficile fare aderire perfettamente la gomma su un conduttore così fino; resterà uno straterello d'aria interposto, nel quale avverrà un effluvio che lo renderà conduttore, onde un raggio virtuale di conduttore che abbasserà notevolmente la tensione di 32,000 volt calcolata più sopra.

Ecco ancora due grossi cavi isolati con carta e resina: il primo è un filo di 1 mm. isolato con uno spessore di circa 14 mm. di carta sino ad un diametro complessivo di circa 29 mm.; l'altro è un filo di 16 mm. isolato collo stesso spessore di carta del tipo precedente, cioè sino ad un diametro di 44 mm. Il primo dopo un'ora a 30,000 volt era già caldissimo e bruciò poi a 40,000 volt, il secondo dopo un'ora a 50,000 era ancora freddo e bruciò poi fra 70-80 mila volt.

Anche qui se calcoliamo la tensione sopportata dal primo millimetro, corrispondentemente alla bruciatura, troviamo 10,000 volt pel conduttore di 16 mm. di diametro e 23,500 volt per quello di 1 mm. Questa maggiore rigidità, apparente o reale, del primo millimetro è un fenomeno che si osserva sempre nei conduttori molto fini isolati, e può anche provenire da un'azione superficiale al contatto fra rame ed isolante, alla cui possibilità ho già accennato più sopra.

Digitized by Google

Ecco ancora un altro cavo (fig. 7). Sul conduttore *c* di 4 mm. di diametro vi è uno strato di 2 mm. di juta *j* impregnata di resine e su questo un altro di gomma *g* di 3 mm. di spessore. Sottopongo il tutto a 8000 volt. Se calcolo la distribuzione del potenziale vedo che il massimo gradiente nella juta arriva a 3500 volt. Ora la juta non può resistere a lungo a tale tensione ed è perforata; essa è come messa fuori di servizio e la tensione totale viene poi ad essere sopportata dalla gomma che resta allora cimentata a circa 3100 volt per millimetro; essa perciò resiste anche alla tensione totale. Ho così un cavo in cui la parte interna dell'isolante è bruciata; ciò nondimeno il cavo continua a funzionare bene, rimanendo intatta la parte esterna.

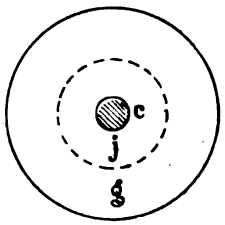


Fig. 7.

Similmente alternando in modo opportuno gli strati isolanti, di rigidità e capacità specifica diversa, si può fare un cavo nel quale, ad una certa tensione, venga perforato un anello isolante estremo o intermedio, pure continuando il cavo a funzionare. Ora nei dielettrici, che sono sempre eterogenei, quando vengano oltremodo cimentati, è anche possibile succeda un fenomeno analogo; qualche particella dielettrica potrebbe così essere messa fuori servizio, senza che l'isolante totale venga perforato. In questo modo potremo avere un'idea del come si possa danneggiare un isolante, con prove eccessive, senza che la cosa si manifesti subito durante le prove.

§ **N.** — Ho detto fin dal principio che la rigidità dielettrica specifica è una funzione generalmente decrescente collo spessore. Si hanno al proposito lavori di vari sperimentatori, ma i risultati ottenuti si prestano a molte critiche. Ho sperimentato anch'io molti materiali, ed i miei risultati si prestano ad altrettante e maggiori critiche. Gli è che, come ho già fatto osservare, non si conoscono bene tutti gli elementi della questione e perciò i risultati dei vari sperimentatori non sono coordinabili. Però, almeno come rapporto fra di loro, i risultati di uno stesso sperimentatore possono essere confrontati e discussi. E appare allora che la rigidità dielettrica specifica è, come dissi, una funzione generalmente decrescente con lo spessore. Esperimentando fra dischi piani il Gray trovò ad esempio che mentre una placca di cristallo di un millimetro resiste a 28.5 chilovolt, una di 5 mm. resiste solo a 18.5×5 chilovolt; una foglia di mica di mm. 0.01 è perforata a 2000 volt; una foglia 0.1 a 11,500 volt, una di 0.2 a 19,000 volt, una di 0.5 a 37,500 volt, una di un millimetro a 61,000 volt, ecc.

Digitized by Google

Nei calcoli degli spessori da assegnare agli isolamenti bisognerebbe quindi considerare la diminuzione della rigidità specifica aumentando il potenziale e lo spessore isolante; ma, per non complicare troppo la cosa, si può assumere come coefficiente del calcolo quello che corrisponde al potenziale adoperato. Vediamo però che se con 20,000 volt perforo uno spessore di mica, con 40,000 volt ne perforo uno spessore non soltanto doppio, ma più di due volte e mezzo tanto, pur lavorando su lastre piane.

§ **O.** — Tutte queste considerazioni mi conducono perciò finalmente alla conclusione che non si può esagerare nelle prove ad alta tensione. Non lo permette la distanza esplosiva che cresce più rapidamente che non la tensione; non lo permette la distribuzione della tensione nel dielettrico, la quale non avviene in modo uniforme, ma secondo una legge complessa, per cui la rigidità dielettrica del sistema aumenta assai meno dello spessore; non lo permette la isteresi dielettrica che riscalda i dielettrici secondo una funzione rapidamente crescente colla tensione; non lo permette il coefficiente di sicurezza, relativamente basso, che siamo obbligati ad adottare nella costruzione, dipendente questo dalla rigidità dielettrica specifica, dei materiali che abbiamo a nostra disposizione; non lo permette infine la degradazione del materiale isolante, se sottoposto a potenziali troppo alti. Un miglioramento a queste condizioni di fatto si potrà ottenere solo in parte, con una cura minuziosa nella scelta e messa in opera dei materiali costituenti specialmente i primi strati isolanti; o meglio si avrà quando si potrà trovare un materiale adatto, di molto maggiore rigidità specifica, con cui costrurre i primi strati isolanti. Abbiamo poi visto un modo teorico di girare un po' la difficoltà, cercando di rendere più uniforme la caduta del potenziale nei vari strati isolanti, col comporre questi vari strati di materiali aventi una capacità specifica diversa. Ma anche questo è un problema gravissimo, che non si saprebbe ancora come risolvere bene in pratica, salvo in casi speciali.

La tecnica attuale non può che segnalare questi problemi, e sino a che essi siano risolti, dovremo contentarci nelle prove ad alta tensione di oltrepassare ben poco la tensione di servizio.

Digitized by Google

N. 17.

SULLE LAMPADE NERNST

COMUNICAZIONE

*fatta dall'***Ing. VITTORIO TREVES** *alla Sezione di Torino il 21 marzo 1904.*

Già da diversi anni i tecnici si affaticavano inutilmente per trovare un materiale che superasse per resistenza al calore i filamenti di carbone delle lampadine a incandescenza.

Era ben noto che si può ottenere un maggior rendimento anche con le lampadine a filamenti di carbone, se si aumenta in proporzione la quantità di corrente con cui si alimentano; il carbone ha però un punto di volatilizzazione così basso che i filamenti vengono presto distrutti, quando l'intensità di corrente cui vengono assogettati supera un certo limite.

Si conoscevano pure materiali stabili al calore che sono isolanti alla temperatura ordinaria, ma che diventano conduttori se vengono riscaldati all'incandescenza, e già nel 1879 il Jablochkoff aveva fabbricato lampade elettriche il cui corpo luminoso era costituito da una piastrina di caolino, materiale questo che, come la porcellana che da esso si fabbrica, è riconosciuto ancora oggi come uno dei migliori corpi isolanti. Per mezzo di una scarica ad alta tensione, ottenuta con un rocchetto di Ruhmkorff, il Jablochkoff ricavava sulla piastrina una linea di caolino fuso che spandeva una luce vivissima e bianca.

Però la tensione pericolosa necessaria per ricavare la scarica impedì che l'interessante scoperta venisse introdotta nella pratica, essa venne messa in dimenticanza e solo ricordata ora da chi sosteneva esistere una certa analogia fra la lampada Jablochkoff e la lampada Nernst.

Il Nernst, invece, affatto ignaro della lampada a caolino del Jablochkoff venne condotto, dall'invenzione della luce a incandescenza Auer, a pensare se quella proprietà degli ossidi metallici delle terre rare di essere così stabilmente resistenti al calore, proprietà che aveva fatto fare passi così giganteschi alla tecnica del gas illuminante, si sarebbe potuta sfruttare anche per l'illuminazione elettrica.

Digitized by Google

Un gran numero di prove e di tentativi condussero il Nernst al risultato che si possa, da certi ossidi metallici, ricavare corpi che alla temperatura ordinaria sono isolanti, come la maggior parte delle terre refrattarie, ma che portati alla temperatura di 600° a 800° incominciano a diventare sensibilmente conduttori. E questi corpi portati al calor bianco divennero così buoni conduttori, che essi, contrariamente a quanto avveniva nella lampada a caolino del Jablochkoff, possono venire adoperati come sorgenti di luce con basse tensioni; precisamente come avviene dei filamenti di carbone delle lampadine a incandescenza.

In grazia alla loro grande stabilità al calore, questi corpi permettono un così considerevole aumento di temperatura, che essi, per ogni unità di energia consumata, danno una quantità di luce doppia di quella che darebbero i filamenti di carbone della lampadina a incandescenza, e questo risultato si ottiene già per una durata di consumo praticamente accettabile.

Questi corpi non hanno bisogno di venir rinchiusi nel vuoto, poichè essi per la loro essenza di ossidi metallici, non vengono distrutti dall'ossigeno dell'aria tosto che vengono portati all'incandescenza, come avviene invece pei filamenti di carbone.

Secondo il principio stabilito e applicato dal Nernst, gli ossidi metallici da lui proposti, e specialmente l'ossido di Torio e di Zirconio, e le terre rare ad essi affini, come l'ossido d'Ittrio e di Cerio, vengono plasmati in forma di piccoli bastoncini o sottili tubetti, i loro capi vengono avvolti dai conduttori di platino, e i punti di raccordo fra il platino e i bastoncini vengono coperti con una pasta fatta dello stesso materiale, con cui furono fatti i bastoncini o i tubetti.

Questi corpi, come ho detto, sono isolatori alla temperatura ordinaria, e cominciano a comportarsi come conduttori solo se riscaldati a 600°. Onde poterli adoperare come sorgenti di luce, bisogna quindi anzitutto portarli a tale temperatura.

Certo che, se non fossimo oramai male avvezzi dalla istantanea e facile accensione della lampadina a incandescenza, non troveremmo difficoltà ad accendere il corpo luminoso della lampada Nernst, come facciamo comunemente, usando una candela o una lampada a petrolio.

I tentativi di adoperare per la lampada Nernst questi espedienti, certo semplici, ma non adatti ad una lampada elettrica, fallirono completamente. Il pubblico non poteva adattarsi all'idea di dovere accendere una lampada elettrica con un cerino. Il Nernst aveva già,

Digitized by Google

ne' suoi primi tentativi, provocato il riscaldamento del corpo luminoso con un riscaldatore elettrico che lo avvolgeva tutto intorno; non appena il corpo luminoso era divenuto conduttore, il dispositivo adottato per riscaldarlo veniva allontanato per azione elettromagnetica della corrente stessa, che cominciava ad attraversare il corpo luminoso, e contemporaneamente tolto dal circuito.

Le lampade Nernst, oggigiorno in uso, hanno un corpo riscaldante fisso, che vien formato con un bastoncino di una massa compressa di porcellana dura, lungo da 10 fino a 20 centimetri e del diametro di circa un millimetro. Un bastoncino di questo genere viene avvolto a forma di spirale con un sottilissimo filo di platino, e quindi ricoperto con un sottile strato di materiale refrattario, che che tiene fisso il filo di platino. Il tubetto viene poi ridotto alla forma adatta per l'accensione, facendolo rammollire e piegare mediante una fiamma a cannello ossidrico. La forma che finora si è dimostrata più rispondente allo scopo è quella della spirale, come quella che può contenere un corpo luminoso rettilineo con avvolgimenti abbastanza discosti gli uni dagli altri, oppure può essere contenuta nell' interno di un corpo luminoso con sezione a ferro di cavallo.

Il bastoncino riscaldante può anche con vantaggio venir curvato in forma di una linea ondulata; in questo caso il corpo luminoso viene fissato al disotto del corpo riscaldante, di modo che la luce non trova nessun impedimento per venir completamente proiettata in basso. Questa disposizione fu adottata per le lampade Nernst denominate intensive.

Il corpo luminoso e il dispositivo pel riscaldamento sono fissati sulla parte cambiabile della lampadina.

Un tipo recente di lampadine per alte tensioni ha il corpo riscaldante ancora a forma di spirale e il corpo luminoso incurvato al disotto. Secondo me si ha con ciò un tipo intensivo, perchè la parte luminosa resta molto concentrata, ma con poca utilizzazione di tutto il calore irradiato dal corpo riscaldante.

Al posto dei corpi riscaldanti che funzionano elettricamente furono proposte molte e svariate disposizioni.

La maggior parte di queste proposte rimasero però solo allo stato teorico e non furono mai applicate. Alcune possono dirsi adottabili, ma difficoltà quasi insormontabili ostacolano la loro applicazione. Fra tanti ricorderò qui il sistema di riscaldare il corpo luminoso mediante il vecchio riscaldatore Döbereiner, avvolgendo il corpo luminoso con una spugna di platino, che viene portata all' incandescenza con un getto di gas illuminante o di gas d'acqua.

Digitized by Google

Anche il sistema d'impregnare con soluzioni di sali conduttori il corpo luminoso, rende quest'ultimo buon conduttore senza bisogno di ricorrere ad alcun riscaldamento esterno, e a questo scopo si può adoperare un sottilissimo rivestimento di grafite o di polvere di carbone; in tutti questi casi però, il mezzo adottato per rendere conduttore il corpo luminoso vale per una sola volta; poichè, dopo avvenuta l'accensione, si vaporizzano, sia la spugna di platino, come la soluzione dei sali, oppure brucia la grafite; nei due ultimi casi, inoltre, il corpo luminoso diventa presto inservibile, appunto a cagione dei mezzi adottati per renderlo conduttore.

Infine voglio ancora ricordare che fu fatta ripetutamente la proposta di riscaldare il tubetto che forma il corpo luminoso mediante un conduttore metallico messo nella sua cavità.

Contro questa proposta sta però il fatto, che il corpo luminoso incandescente ha già all'esterno una temperatura di ca. 2200°, nell'interno questa temperatura è certamente ancora più elevata. A questa temperatura i conduttori metallici non sono più stabili; astraendo però anche da questo fatto, la proposta doveva pure naufragare, poichè non è possibile di far contenere in un corpo luminoso che, nel caso più sfavorevole, ha un'apertura di mezzo millimetro e che assorbe da 6 a 10 volt per ogni millimetro di lunghezza, un conduttore metallico di resistenza abbastanza elevata da potere esso pure assorbire 6 fino a 9 volt per millimetro di lunghezza. Infine, i conduttori di carbone, che furono molte volte proposti per il riscaldamento preventivo, si combinerebbero cogli ossidi metallici per formare un carburo facilmente fusibile.

Io mi auguro che l'enumerazione fatta di queste esperienze non riuscite non abbia a trattenere fervidi inventori dal ripetere ricerche, che, qualora coronate da successo, renderebbero la lampada Nernst accettabile anche da chi male si adatta alla breve attesa dell'accensione.

Per accontentare questi ultimi, l'unico mezzo finora conosciuto è quello d'inserire in parallelo colla spirale riscaldante una lampadina a incandescenza comune. Non appena questa spirale, come vedremo in seguito, viene tolta dal circuito, viene pure disinserita la lampadina a incandescenza, di modo che rimane inserita la parte illuminante della lampada Nernst.

Il riscaldamento elettrico preventivo richiede ca. 35 watt nei tipi piccoli e ca. 100 watt in quelle più grandi.

Naturalmente la corrente utilizzata per il riscaldamento preventivo non viene più consumata non appena il corpo luminoso diventa

Digitized by Google

conduttore. L'esclusione della corrente di riscaldamento si fa per mezzo di un piccolo elettromagnete contenuto nello zoccolo della lampada, ad attacco a vite o a baionetta o nella parte superiore della lampada grande per forti intensità di corrente: questo elettromagnete viene eccitato dalla corrente che attraversa il corpo luminoso non appena questo diventa conduttore, e interrompe la corrente che passa pel corpo riscaldante, tirando a sè un piccolo nocciolo che fa da interruttore.

Devo all'intelligente pazienza dell'ing. Durio quest'apparecchio che permette di vedere chiaramente come funzionano le diverse parti di una lampada Nernst.

Un interruttore elettromagnetico così fatto che consuma $^1/_2$ fino a 1 watt, è rappresentato schematicamente nello zoccolo della lampadina rappresentata in figura con lo schema del percorso della corrente nella lampada e nella parte luminosa (fig. 1).

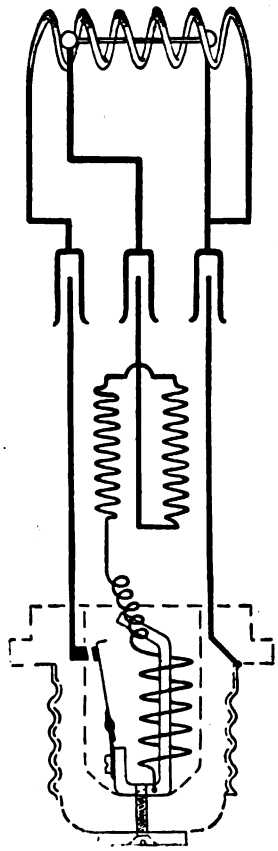


Fig. 1.

Tenendo conto del poco spazio disponibile in una lampada Nernst, l'elettromagnete fu fatto di minime dimensioni con pochissimo ferro e piccolissima quantità di filo.

Ciò nonostante, esso si è comportato ottimamente in pratica, come interruttore.

L'interruzione della corrente che attraversa il corpo riscaldante si fa tanto in lampade a corrente continua, come in lampade a corrente alternata per mezzo dell'elettromagnete; a seconda però della natura della corrente questo viene diversamente regolato, specialmente riguardo all'inerzia che possiede il pezzo attratto; i magneti fatti per corrente continua produrrebbero un rumore continuo, qualora venissero adoperati per corrente alternata e lo stesso inconveniente, se pure meno sensibile, si produrrebbe adoperando magneti a corrente alternata per un numero di periodi diverso da quello per cui furono regolati.

Anche qui furono fatte molte proposte onde evitare questo che i proponenti definivano complicato interruttore. A questo scopo furono patentati o provati dispositivi che entrano in funzione a causa della dilatazione del corpo luminoso incandescente, oppure dell'espan-

Digitized by Google

sione dell'aria che lo circonda, altri dispositivi che utilizzano il calore della resistenza inserita prima del corpo luminoso, tutti questi espedienti caddero però presto lasciando padrone del campo il più semplice apparecchio elettrico, che da diecine d'anni ha dimostrato il suo funzionamento nella telefonia e nella telegrafia.

Come per l'interruttore elettromagnetico, anche per la parte riscaldante e luminosa della lampada Nernst non esiste promiscuità di uso, qualunque sia la corrente; chè, anzi, a cagione della natura elettrolitica del corpo luminoso, questo nelle lampade per corrente continua deve sempre essere attraversato in medesimo senso dalla corrente; al passaggio di questa il corpo luminoso viene modificato nella sua sostanza ai due poli, e qualora la corrente venisse invertita, si formerebbero tensioni tali da provocare una pronta distruzione del corpo luminoso. Siccome tutte le lampade vengono provate con una direzione di corrente ben definita, è chiaro che questa direzione dev'essere conservata nell'esercizio; e precisamente la parte a vite dello zoccolo dev'essere collegata col polo negativo, il fondello col positivo.

Delle diverse parti che costituiscono la lampada Nernst, ho parlato sinora del corpo luminoso, del corpo riscaldante e dell'interruttore elettromagnetico. La lampada Nernst contiene però ancora una parte molto importante, senza la quale essa non sarebbe praticamente adoperabile, vale a dire la *resistenza addizionale.*

Se si unisce un corpo luminoso del tipo adottato dal Nernst con una sorgente di elettricità, la cui tensione possa venir cambiata continuamente, si constata che è necessaria una certa tensione minima, per poter fare attraversare dalla corrente e rendere incandescente il corpo luminoso reso conduttore per mezzo di una sorgente di calore.

Se la tensione si abbassa al disotto di questo valore il corpo luminoso si spegne, se essa viene nuovamente alzata, aumenta pure l'intensità di corrente.

Giunti ad una certa tensione, si rileva prontamente da un amperometro inserito in serie col corpo luminoso che, senza ulteriore aumento della tensione, l'intensità della corrente al principio cresce debolmente, in seguito molto più rapidamente, finchè arriva a un valore tale che il corpo luminoso fonde.

Per ogni corpo luminoso, si ha una sola tensione e ben determinata, sotto la quale esso si trova in condizione così instabile. Noi chiamiamo questa tensione la *tensione critica* del corpo luminoso.

Prendendo diversi corpi luminosi che abbiano differenti tensioni

Digitized by Google

critiche, e collegandoli con una sorgente di elettricità, la cui tensione si possa aumentare a piacere, si può constatare il fatto seguente:

Supponiamo che il primo abbia una tensione critica di 200 volt e ciascun corpo seguente abbia una tensione critica superiore di quattro volt a quella del corpo che lo precede, per es., 204,208,212 volt, ecc.

L'ultimo corpo luminoso soltanto abbia nuovamente la stessa tensione critica di 200 volt che possiede il primo, ad esso però supponiamo venga inserita in serie una resistenza, precisamente come avviene nelle lampade Nernst.

I corpi luminosi sieno ora resi conduttori per mezzo di un riscaldamento preventivo. Se noi aumentassimo la tensione della sorgente di elettricità, noi potremmo constatare che tutti i corpi luminosi fonderebbero uno dopo l'altro non appena si è raggiunto la loro tensione critica; solo l'ultimo provvisto di resistenza addizionale continuerebbe a bruciare, quantunque la sua tensione critica sia sensibilmente inferiore alla tensione con cui viene alimentato.

La figura 2 rappresenta la curva caratteristica della tensione di un corpo luminoso, che fu ricavata mentre si sottoponeva il corpo con una resistenza regolabile in serie a una tensione più alta della sua critica.

La tensione della sorgente di elettricità adoperata era 250 volt.

Se per mezzo della resistenza regolabile si diminuiva l'intensità della corrente fino a 0.2 amp., il corpo luminoso si spegneva. All'intensità di ca. 0.5 amp., il corpo luminoso è fuso dopo aver indicato un consumo di 0.7 watt per candela.

Per noi è interessante la parte della curva che corrisponde all'intensità normale di corrente del corpo luminoso, in questo caso 0.25 amp. Essa è rappresentata coll'ordinata punteggiata. Subito dopo questa posizione si raggiunge la tensione critica coll'intensità di 0.3 ampère.

La curva fa vedere chiaramente che senza resistenza addizionale, quando il corpo luminoso è cimentato all'intensità normale per cui fu costruito, bastano piccolissimi aumenti di tensione per raggiungere il punto critico, a questo punto l'intensità di corrente cresce continuamente e il corpo luminoso fonde. Ne viene che il pericolo di raggiungere la tensione critica può solo essere evitato adoperando una conveniente resistenza addizionale. Naturalmente sarà per la lampada Nernst la migliore quella che, a intensità normale assorbe poca tensione; per contro già al più piccolo aumento d'intensità assorbe il più possibile di tensione.

Digitized by Google

Una tal resistenza deve quindi avere un altissimo coefficiente di temperatura, acciocchè il valore della sua resistenza specifica aumenti per causa del calore man mano che aumenta l'intensità di corrente.

Il ferro è senza dubbio il metallo che presenta più che tutti gli altri questa proprietà. Appena viene portato al calor rosso, la sua resistenza specifica aumenta fortemente, e un filo di ferro sottile e teso che, per evitare l'ossidazione, venga chiuso in un tubo di vetro pieno d'idrogeno, può praticamente fra limiti determinati, servire come regolatore ad intensità costante per tensione variabile. (Tipi di resistenza per lampade *B* e per lampade *A* a baionetta).

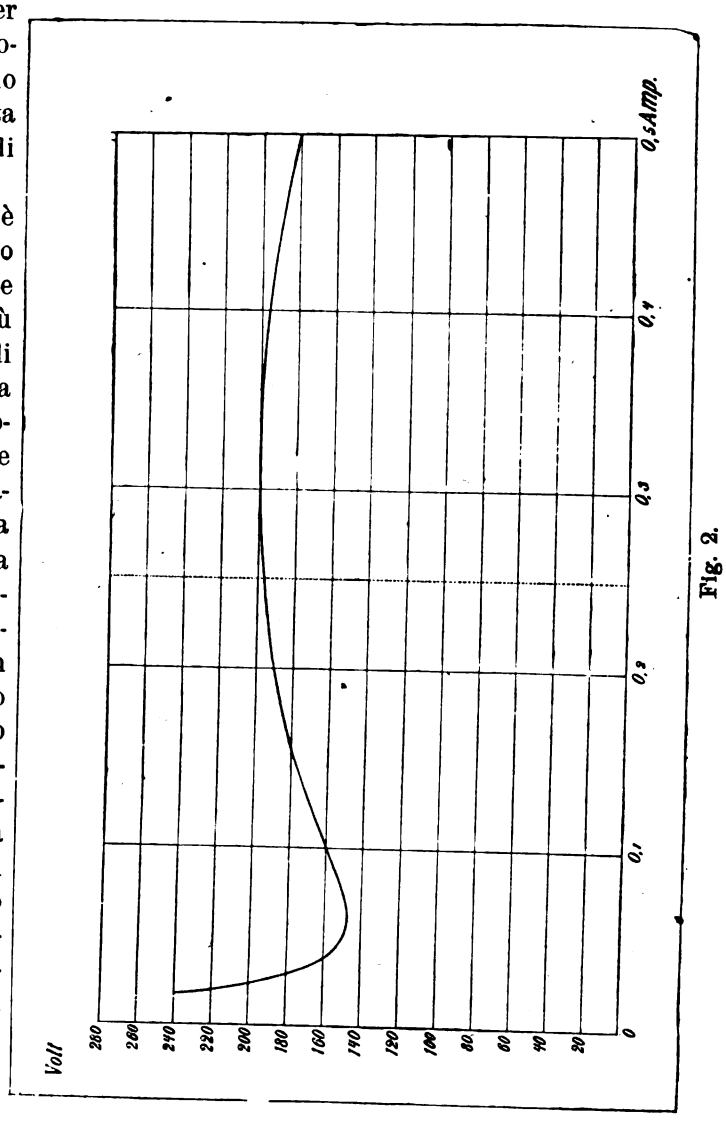


Fig. 2.

La resistenza rappresentata dalla curva inferiore della figura 3 assorbe circa $^1/_4$ amp., sotto una tensione di 15 volt. Le resistenze per lampada fino a 160 volt assorbono a tensione normale 15 volt, quelle per lampada da 160 a 250 volt assorbono 20 volt. Se si au-

Digitized by Google

menta la tensione, anche la corrente aumenta un po' per il primo istante, ma il maggior riscaldamento che perciò si produce nel filo aumenta subito la sua resistenza specifica.

L'intensità di corrente ritorna quindi subito a $^1/_4$ di amp. In questo modo si può aumentare la tensione fino a 40 volt, senza che l'intensità di corrente aumenti sensibilmente.

Se ora una simile resistenza viene inserita prima di un corpo luminoso per lampada Nernst, la cui tensione critica si aggiri sui 200 volt, allora la curva caratteristica di questa combinazione assume una forma affatto differente da quella del corpo luminoso solo.

Nella figura è rappresentata e tratteggiata la caratteristica del solo corpo luminoso; se si sommano con le ordinate di questa curva le ordinate della curva caratteristica della resistenza segnata sotto, si ottiene nella linea piena sopra segnata la caratteristica di una lampada Nernst completa per 220 volt.

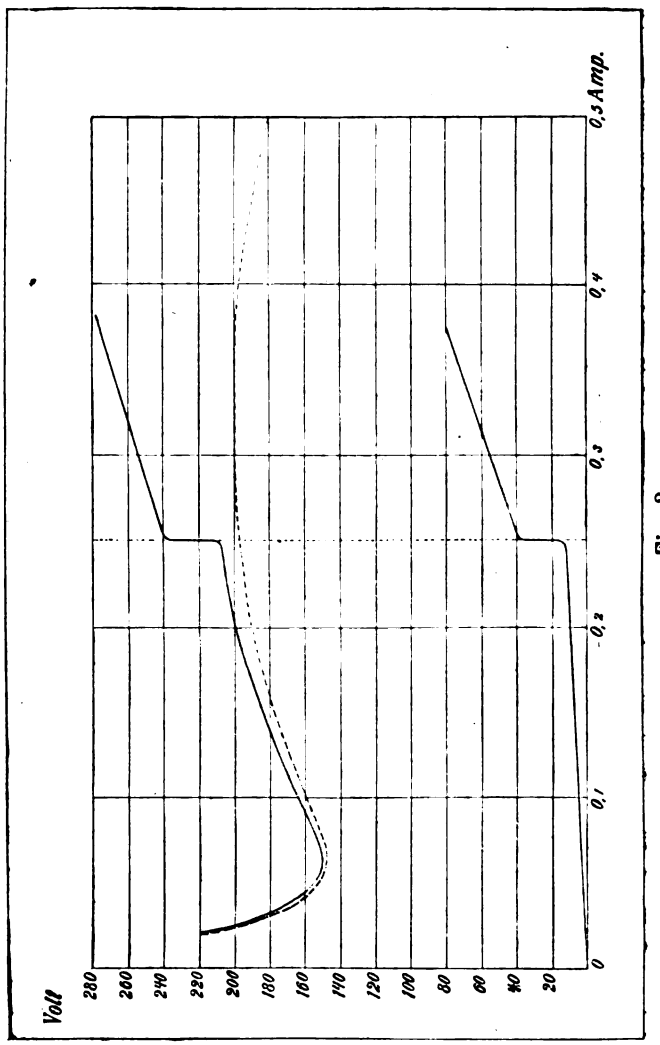


Fig. 8.

Fra 210 e 230 volt questa lampada consuma quasi costantemente $^1/_4$ di amp., il corpo luminoso brucia sempre con $^1/_4$ di amp. e 200 volt.

Digitized by Google

Tutta l'energia che viene somministrata alla lampada al disopra dei 200 volt fino a 240 volt, viene assorbita dalla resistenza addizionale. La conseguenza naturale è che la lampada nel limite delle oscillazioni di tensione praticamente ammessibili, dà una luce costante.

La curva tratteggiata nella figura 4 fa vedere che la potenza luminosa di una lampada Nernst per oscillazioni comprese fra i 210 e i 230 volt sale solo da 32 a 35 candele; invece la luminosità della comune lampada a incandescenza rappresentata dalla curva piena, aumenta fra 210 e 230 volt da 26 a 42 candele. Ne viene che il danno che si porta alle lampade Nernst, facendole lavorare a tensione superiore a quella per cui furono costruite, non compensa il lieve aumento d'intensità luminosa che con ciò si ottiene.

Naturalmente questa proprietà specifica del ferro di servire come regolatore automatico di corrente può trovare molte applicazioni, e fra le altre voglio accennare al grande uso che se ne fa da poco nell'illuminazione elettrica dei vagoni ferroviari, nei quali vengono inserite tali resistenze addizionali ad ogni lampadina. Nel sistema d'illuminazione fatta con piccola dinamo e batteria di accumulatori, queste resistenze addizionali permettono che le lampadine a incandescenza brucino con intensità luminosa quasi costante, sia sotto l'alta tensione di fine carica della dinamo, come pure sotto la bassa tensione di scarica degli accumulatori.

La resistenza di ferro rappresenta con l'atmosfera rarefatta di idrogeno che l'avvolge una quantità di metallo relativamente grande e possiede per conseguenza una certa lentezza a funzionare, e non è capace di eguagliare istantaneamente le variazioni di tensione.

Ne consegue che, per improvvisi aumenti di tensione, il corpo luminoso viene danneggiato dall'intensità di corrente troppo elevata; se questa tensione permane per qualche tempo, ne viene compromessa la resistenza, poichè questa è portata a una temperatura così alta, che essa non può assolutamente sopportare.

Sotto questo aspetto è indiscutibile che le lampade Nernst vengono danneggiate più delle comuni lampade a incandescenza dalle forti oscillazioni di tensione; ma la lampada Nernst si trova però normalmente in migliori condizioni, poichè essa, per le piccole oscillazioni di tensione, che si verificano molto più sovente di una grande sopraelevazione in un esercizio ben condotto, dà solo impercettibili oscillazioni di luce, come si può vedere dalle curve della figura 4.

A cagione della grande resistenza del corpo luminoso, la lampada Nernst è specialmente adatta per alte tensioni. Corpi incan-

Digitized by Google

descenti per 0.25 amp. e per 200 volt, hanno solo una lunghezza di 20 millimetri e un diametro di 0.4 millimetri, quelli per 1 amp. e 200 volt sono lunghi 30 millimetri e hanno il diametro di 1 millimetro. Qualora se ne sentisse il bisogno, non sarebbe certo difficile il fabbricare lampade Nernst, per 300, 400, 500 volt, sempre ammesso però di rinunziare all' accensione automatica, che non riuscirebbe più così facile ad ottenersi a tensioni così elevate.

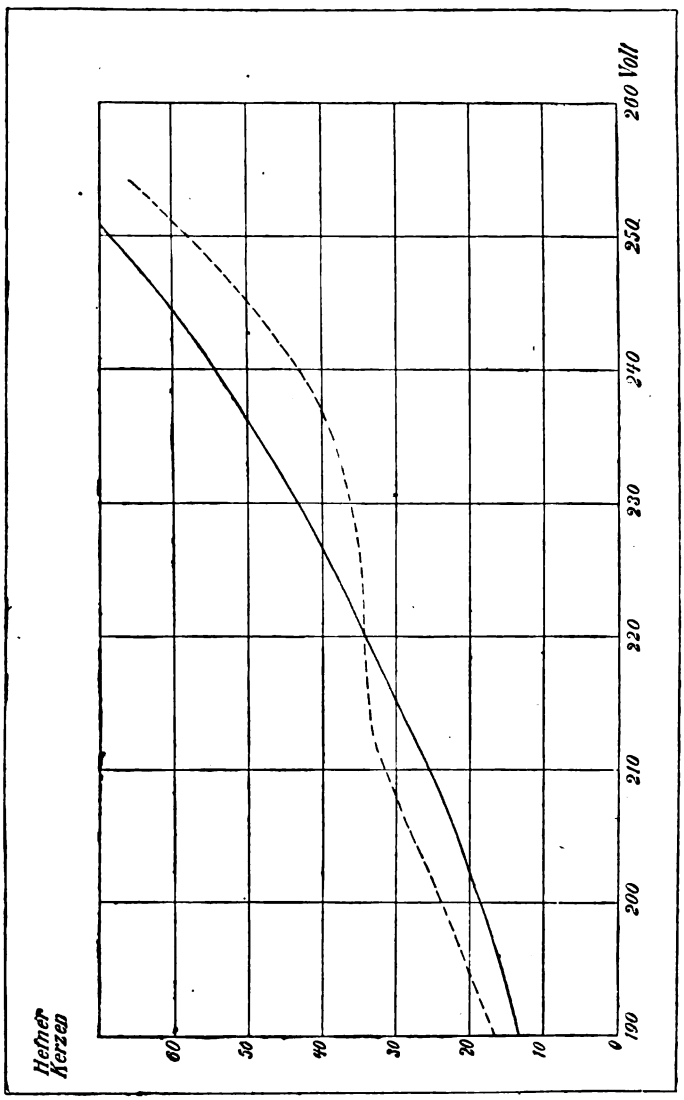


Fig. 4.

Per contrario è più difficile fabbricare lampade Nernst economiche per basse tensioni; i bastoncini incandescenti piuttosto grossi, che devono venire adoperati per queste lampade, vengono così fortemente raffreddati alle loro estremità dai conduttori metallici di grande sezione, che essi illuminano con effetto utile sensibilmente minore.

Anche per ciò che si riferisce alle intensità di corrente adottabili, si hanno limiti per le lampade Nernst, che non conviene sorpassare.

Digitized by Google

Sotto ai 0.2 amp. i corpi luminosi diventano sottili e fragili; sopra i 2 amp. non si possono ancora costruire corpi luminosi di durata normale. Ne viene che, per fare lampade Nernst con maggiori intensità di corrente, bisogna mettere insieme nella medesima lampada diversi corpi luminosi; ciascuno di essi deve naturalmente possedere la propria resistenza addizionale, mentre invece un solo corpo riscaldante può servire per parecchi di essi.

Abbiamo qui una lampada tipo *A* per 110 volt, 2 amp., in cui tanto la resistenza addizionale come il corpo luminoso furono sdoppiati in due parti inserite in parallelo.

Lampade Nernst così costruite possono sostituire vantaggiosamente in molti casi lampade ad arco di media intensità. A compensare la minore economia in fatto di consumo di corrente stanno anzitutto la luce bianca e fissa, le minori spese di servizio e di esercizio, perchè non si deve più fare il cambio dei carboni, e perchè il costo di un corpo luminoso della durata media di 300 ore è solo la metà di quello dei carboni occorrenti, per ugual durata di accensione, infine, e soprattutto la comodità di allacciare ogni lampada Nernst direttamente a circuiti fino a 250 volt, quindi con maggior indipendenza nella distribuzione della luce.

Mi sia ora permesso di dire anche una parola sul lato economico, certo di grande importanza, nell'esercizio con lampade Nernst.

È fuori dubbio che ogni giorno più si sente il bisogno di aumentare l'intensità di luce, non fosse altro per desiderio di progresso o per spirito d'incontentabilità. Per molto tempo parve che l'avvenire in fatto di luce fosse esclusivamente riservato all'elettricità, poichè essa offriva grandi sorgenti luminose colle lampade ad arco, e piccole sorgenti colle lampadine a incandescenza. La luce Auer introdusse però nuove unità e nuove esigenze, e la lampadina a incandescenza da 16 candele appare spesso come deficiente e si adopera già molto meno l'unità di 8 o 10 candele. Il bisogno di maggior luce è straordinariamente aumentato, e le centrali elettriche chiedono da molto tempo una lampada che, senza aumentare le spese di consumo di corrente, risponda a questo desiderio dei consumatori, e per conseguenza si avvicini di più anche in fatto d'intensità alla lampada Auer.

Quanto si sia già riuscito ad ottenere in questo senso colla lampada Nernst lo dimostrano le tabelle sotto riportate. Esse danno i risultati di durata cui sono giunti il prof. Wedding e il laboratorio di fisica tecnica della Scuola di Charlottenburg.

Digitized by Google

TABELLA 1.

Risultati di una prova di durata di lampada Nernst modello *A*

Prove fatte dal Laboratorio di Charlottenburg			Prove fatte dal Prof. Wedding		
6 lampade per 1 ampère - 220 volt Maggio 1902			6 lampade per 1 ampère - 200 volt Febbraio 1903		
	Intensità luminosa (candele Hefner)	Watt per candela		Intensità luminosa (candele Hefner)	Watt per candela
In principio	153.2	1.54	In principio	158.7	1.43
Dopo 50 ore	137.2	1.66	Dopo 47 ore	156.3	1.46
„ 100 „	137.8	1.67	„ 142 „	133.6	1.62
„ 200 „	137.8	1.65	„ 274 „	126.9	1.65
„ 300 „	138.8	1.57			
Media. . .	139.1	1.63	Media. . .	140.0	1.57
Durata media: più di 286 ore			Durata media: più di 538 ore		

TABELLA 2.

Risultati di una prova di lampade Nernst modello *B* eseguita dal Laboratorio di Charlottenburg

6 lampade con corpo luminoso formato ad arco 0.25 amp. - 220 volt			6 lampade con corpo luminoso formato ad arco 0.25 amp. - 220 volt		
	Intensità luminosa (candele Hefner)	Watt per candela		Intensità luminosa (candele Hefner)	Watt per candela
In principio	40.1	1.42	In principio	35.1	1.65
Dopo 50 ore	36.3	1.57	Dopo 50 ore	32.4	1.77
„ 100 „	38.1	1.49	„ 100 „	32.3	1.77
„ 200 „	34.1	1.59	„ 200 „	30.1	1.85
„ 300 „	33.2	1.58	„ 300 „	27.5	1.93
„ 400 „	27.6	1.75	„ 400 „	26.5	1.97
Media. . .	34.5	1.57	Media. . .	30.0	1.85
Durata media: più di 291 ore			Durata media: più di 378 ore		

Digitized by Google

Dirò due parole sul sistema seguito dal prof. Wedding nelle sue esperienze.

In ogni prova di durata onde ottenere risultati praticamente attendibili, la maggior difficoltà consiste nel creare e mantenere le condizioni d'esercizio che praticamente si verificano negl'impianti di energia elettrica. Siccome in ogni impianto di luce si verificano oscillazioni di tensione, e la lampada Nernst è sensibile alle grandi oscillazioni, così si dovrà sottoporre le lampade in prova a oscillazioni di tensione comprese entro i limiti che non devono essere oltrepassati da un impianto ben condotto.

Le oscillazioni di tensione hanno effetti differenti sulle lampade Nernst a seconda che esse si sommano o si sottraggono alla tensione normale d'esercizio per cui la lampada fu costruita. Se la tensione aumenta troppo e si mantiene per qualche tempo a un valore troppo alto, allora le resistenze addizionali delle lampadine funzionano come valvole di sicurezza a protezione dei corpi luminosi. In simili casi i sottili fili di ferro o bruciano senz'altro, oppure si appoggiano alla parete interna del tubo di vetro che li contiene, fanno fondere il vetro e si rompono.

Per tensioni troppo basse se ne risente la sensibilità del corpo luminoso; la resistenza addizionale si conserva, ma il bastoncino vien distrutto anzitempo.

Per le prove fatte si cercò quindi di fissare alla tensione d'esercizio un limite massimo e minimo corrispondenti ai valori pratici entro cui oscilla la tensione di un impianto soggetto a forti variazioni. A questo scopo servì un regolatore Thury, il quale, per una tensione d'esercizio di 220 volt di una rete soggetta a continue oscillazioni, permetteva solo una variazione di 10 volt in più o in meno. Ogni qual volta questi limiti venivano oltrepassati, l'incaricato della sorveglianza, avvisato da una suoneria elettrica, regolava a mano la tensione in modo da evitare che le lampade ardessero con tensione troppo alta o troppo bassa.

Per avere un controllo di queste oscillazioni, s'inserì un voltmetro registratore nel circuito delle lampade *L*.

Il limite fissato di 10 volt in più o in meno per tensione normale di 220 volt si potrebbe anzi ritenere un po' troppo elevato, poichè il più delle volte si ammette come margine il 2 per cento. Ad ogni modo quest'osservazione non può che portare alla conclusione che le lampade Nernst, che provate fra limiti ampi di variazione di tensione hanno dato i risultati riportati nelle tabelle, si comporterebbero anche meglio su impianti ben regolati.

Digitized by Google

Quanto al consumo specifico, questo è minore nei primi tempi di esercizio per le lampade ad alto voltaggio che bruciano con una resistenza addizionale di 20 volt; dopo 200 ore di durata, invece, il consumo specifico è minore per le lampade a basso voltaggio.

E precisamente al Wedding risultò che per lampade normali, modello A, che a 220 volt bruciano con resistenza addizionale di 20 volt, l'intensità di 158 candele che si aveva in principio di prova scese del 20 per cento dopo 275 ore, dopo 325 ore scese del 25 per cento, dopo 550 ore il valore primitivo era ridotto alla metà.

Da queste prove il Wedding giunse ai seguenti risultati per durata e per consumo unitario di lampade modello *A:*

Durata media: 730 ore, consumo specifico riferito alla metà inferiore del globo: watt 1.21 per candela.

La medesima lampada fu provata in seguito con un globo di vetro chiaro e rotondo del diametro di 100 millimetri e diede una intensità media sferica di 173 candele e un consumo specifico di watt 1.26; con globo opalino 123 candele e 1.76 watt.

Naturalmente la lampada Nernst non è ancora giunta alla perfezione, sia riguardo all'economia, come per i dettagli di costruzione; quanto a risparmio di corrente si è oramai giunti a un'economia del 50 per cento ca.; le sue singole parti, fatta eccezione del corpo luminoso, sono sottoposte a un consumo così piccolo che, come ho già detto, le spese di manutenzione stanno molto al disotto di quelle delle lampade ad arco.

E la lampada Nernst riempie appunto una lacuna in fatto di gradazione in intensità di luce fra le lampade ad arco e le lampadine a incandescenza.

È bensì vero che in questi ultimi tempi, mentre l'elettrotecnica considerava soltanto il gas come il suo più potente avversario, essa dovette scoprire un nemico nel suo campo stesso; e difatti vediamo ora che la luce ad incandescenza e la luce ad arco si fanno concorrenza.

Si sono introdotte finora piccole lampade ad arco di ca. 2 amp., che bruciano abbastanza bene e si distinguono specialmente per il loro piccolo globo. L'intensità media sferica con globo smerigliato di una di queste lampade inserita con resistenza addizionale su 110 volt e un consumo di 2.2 amp. ca. è di 130 candele e il consumo specifico è di watt 1.87. Una lampada Nernst pure a consumo di 220 watt dà invece un'intensità media sferica di 123 candele e un consumo specifico di watt 1.76. Questi due risultati si avvici-

Digitized by Google

nano quindi talmente, che non si potrebbe di qui trarre deduzioni per la pratica applicazione piuttosto di una che dell'altra lampada. Per ciò bisognerebbe ancora considerare per ambedue i sistemi la fissità della luce, il costo d'impianto e di manutenzione, e più che tutto il genere di corrente di cui si dispone, perchè, mentre si sono ottenuti buoni risultati colle piccole lampade ad arco a corrente continua, non credo che si siano nemmeno fatti tentativi analoghi per corrente alternata. Infine per tensione, per esempio, di 240 volt, le piccole lampade ad arco devono bruciare a due in serie, mentre le lampade Nernst s'inseriscono indipendentemente in parallelo sulla rete di distribuzione. Ed è questo il vantaggio più importante che offrono le lampade Nernst, dato l'indirizzo odierno di aumentare quanto si può le tensioni di esercizio degl'impianti. Si fabbricano già al giorno d'oggi lampadine che per consumo economico si avvicinano alle Nernst, ma per il fatto di bruciare a bassa tensione troveranno certo difficile applicazione. Voglio alludere alle lampade ad osmio che si costruiscono oggi per tensione di 40 volt.

Queste lampade si devono inserire in serie fra di loro, e con ciò è evidente la loro inferiorità riguardo alla condizione più importante che dev'essere soddisfatta in ogni sistema d'illuminazione; l'indipendenza reciproca delle diverse sorgenti luminose.

La lampada Nernst è ancora giovane; perfezionamenti si potranno ancora apportarle, sia per aumentare la potenza luminosa, come per diminuire il consumo specifico.

Per potenza luminosa si è giunti oggidì alle 250 candele con 2 amp. a 220 volt, il consumo specifico che, come per altri tipi di lampade, diminuisce per le lampade di maggiore intensità, si potrà certo ancora diminuire con una miglior scelta delle terre rare, che costituiscono il corpo luminoso, e ciò, studiando come si comportino chimicamente fra di loro i diversi elementi, e come si comportino fisicamente le loro temperature di fusione. Sotto il punto di vista elettrico, resta ancora a definire per queste terre rare come dipenda la conduttività dalla temperatura e come si comportino questi corpi come elettroliti.

Io credo che molto ci sia da perfezionare nella fabbricazione dei corpi luminosi, e se possiamo già con compiacenza constatare i progressi fatti in questi ultimi tempi, dobbiamo pure augurarci che si riesca presto a trovare quei perfezionamenti che favoriranno una vasta applicazione delle lampade Nernst.

Per la discussione v. notizie dell'*A. E. I.* pag. 40 (in fine di questo fascicolo).

Digitized by Google

N. 18.

I RADDRIZZATORI ELETTROLITICI

COMUNICAZIONE

*fatta dall'***Ing. GIUSEPPE REVESSI** *alla Sezione di Roma nella Seduta dell'8 aprile 1904.*

1. — Per lungo tempo, nell'applicazione delle correnti intense, la corrente continua e l'alternata si sono disputate affannosamente il campo, col risultato che, mentre nelle piccole distribuzioni di luce e di forza e nelle industrie termoelettriche è ancora prescelta ora l'una e ora l'altra a seconda delle circostanze particolari, la prima è rimasta quasi assoluta padrona del campo nella trazione e nelle applicazioni elettrochimiche, la seconda, specialmente coi sistemi polifasici, ha battuto la rivale nelle trasmissioni a grande distanza e nelle distribuzioni su larghe zone. Divenuta così la corrente alternata la regina delle grandi centrali di produzione dell'energia elettrica, sempre più lontane dai centri di consumo per utilizzare sul posto le sorgenti naturali dell'energia o per facilitare l'arrivo del carbone e sempre più colossali per diminuire la spesa d'impianto per unità di potenza e la spesa di esercizio per unità di energia, si è presentata sempre più frequente la necessità di trasformare la corrente alternata, sia monofasica che polifasica, in corrente continua, per provvedere a quelle applicazioni per le quali quest'ultima risultava più adatta o necessaria addirittura.

Questa esigenza fu da principio soddisfatta sia coi motori dinamo sia coi raddrizzatori rotanti, e il sistema trovò larga applicazione conveniente soprattutto in quei casi, in cui l'entità della potenza da trasformare richiedeva una vera sottostazione di trasformazione col relativo personale di sorveglianza. Questa convenienza però diminuiva di molto in quei casi, in cui la potenza da trasformare era piccola e per di più talora richiesta solo ad intervalli, come è, per esempio, il caso, quando si tratta di provvedere a bisogni speciali di ospedali o di istituti scientifici, o alla carica di piccole batterie di accumulatori sia fisse che trasportabili.

Per sopperire a questi bisogni, sempre più numerosi, furono allora costruiti speciali apparecchi, come i raddrizzatori elettromeccanici

Digitized by Google

rotanti del Pollak (1), come i raddrizzatori trasformatori del Leblanc (2), come i raddrizzatori a movimento sincrono alternativo di Koch (3); disgraziatamente questi apparecchi, pure attestando la grande ingegnosità degli inventori, difficilmente potevano offrire completa sicurezza di funzionamento, specie se abbandonati a sè stessi, o peggio ancora se affidati a mani inesperte, per la presenza di organi meccanici in rapido moto rotante o alternativo, e la necessità di contatti mobili.

Nella speranza allora di eliminare questi inconvenienti fondamentali e di giungere a un dispositivo che trasformasse la corrente alternata in continua, come un trasformatore statico trasforma la tensione nelle correnti alternate, Hutin e Leblanc (4) proposero nel 1891 di utilizzare la singolare proprietà, che offre in condizioni opportune un voltametro, di cui uno degli elettrodi sia d'alluminio, di ostacolare cioè il passaggio della corrente, quando l'alluminio stesso funziona da anodo, e di non ostacolarla invece che per la resistenza propria dell'elettrolita, quando funziona da catodo. La proposta passò inosservata, finchè non fu quasi contemporaneamente ripresa nel 1897 dal Pollak (5) e dal Graetz (6).

Si arrivò così in questi ultimi anni alla costruzione dei raddrizzatori elettrolitici, che i francesi alludendo al modello meccanico, che riproduce il loro funzionamento, la valvola, per esempio di una pompa a stantuffo, chiamarono *les soupapes électrolitiques* e i tedeschi e gli inglesi alludendo invece, come noi, allo scopo, al quale erano destinati, chiamarono rispettivamente *die elektrolitische Gleichrichter* e *the electrolitic rectifiers*.

2. — In generale la resistenza offerta al passaggio della corrente fra due elettrodi immersi in un gaz, in un vapore o in un liquido non è, almeno teoricamente, funzione soltanto della natura e delle dimensioni del mezzo frapposto, ed eventualmente della d. di p. agente, della temperatura, della pressione, ecc., ma è anche funzione della polarità degli elettrodi stessi, non appena questi elettrodi si differenziano o per forma o per dimensioni o per materiale. In qualche caso questo singolare fenomeno è così netto che si può provare sperimentalmente.

(1) *E. T. Z.*, 1895, pag. 386.
(2) JANET, *Leçons d'électrotechnique*, pag. 589.
(3) *E. T. Z.*, 1901, pag. 853.
(4) DONGIER, *Jour. de Phys.*, 1903, pag. 507.
(5) *C. R.*, 1897, pag. 1443.
(6) *An. der Phys.*, LXII, 1897, pag. 322.

Digitized by Google

È noto, per esempio, che facendo agire fra due elettrodi l'uno a punta, l'altro a sfera, il mezzo essendo costituito da idrogeno o meglio da azoto, una d. di p. continua sufficientemente elevata, la corrente può essere anche cento volte maggiore quando la punta costituisce il catodo anzichè l'anodo (1); tale azione rende la corrente media diversa da zero, quando la d. di p. agente è alternata.

Villard (2) rendeva pulsante in un solo senso la corrente secondaria di un trasformatore mediante un tubo di Crookes con elettrodi di dimensioni molto differenti. Fenomeni analoghi si possono anche realizzare con opportune disposizioni mediante i tubi di Tesla.

Gundelach (3) ha ideato un tubo a vuoto a forma di fiasco con due elettrodi a tubo posti sul medesimo asse, l'uno al fondo, l'altro stretto nel collo e recante all'interno un bastoncino di vetro, un apparecchio il quale, malgrado l'eguaglianza degli elettrodi, funziona come una valvola, lasciando passare la scarica soltanto, quando il primo elettrodo è catodo, per effetto della diversa reazione delle pareti di vetro.

Altro esempio notissimo è poi la lampada di Hewitt a vapori di mercurio, in cui l'arco, tra il mercurio e il ferro non brilla che quando il primo è catodo; questo fatto non può però essere utilizzato senz'altro per raddrizzare una corrente alternata monofasica, poichè la corrente si interrompe addirittura e l'arco si spenge, quando il mercurio diventa anodo, ma non si riaccende da sè senza elevare artificialmente la d. di p. agente nel mezzo periodo successivo. È noto che questo difetto non si presenta, quando si tratta di trasformare in continua una corrente trifasica (4), perchè allora, collegando il centro della stella del trasformatore alimentatore all'elettrodo di mercurio e gli altri tre morsetti a tre elettrodi separati di ferro penetranti nella medesima ampolla, sussiste una d. di p. positiva nel senso ferro mercurio sufficiente per tenere acceso l'arco e mantenere una corrente raddrizzata diretta nel circuito esterno dal mercurio al centro della stella.

Fenomeni analoghi presentano anche gli archi voltaici a pressione ordinaria. Ancora nel 1882 Jamin e Maneuvrier (5) avevano notato nell'arco a corrente alternata tra carboni di diametro diffe-

(1) Warburg, *E. T. Z.*, 1900, pag. 628.
(2) *C. R.*, 1899, pag. 994.
(3) Patente tedesca 124075, *E. T. Z.*, 1902, pag. 638.
(4) *E. T. Z.*, 1903, pag. 188.
(5) *C. R.*, 1882, pag. 615.

Digitized by Google

rente il passaggio d'una corrente pulsante diretta dal carbone di diametro maggiore all'altro, e avevano riscontrato il medesimo fenomeno anche sostituendo al primo elettrodo un elettrodo metallico.

Più tardi Perrine (1) avvertiva una deviazione sensibile in un galvanometro a magnete permanente con un arco a corrente alternata fra rame e mercurio; Sahulka (2) per l'arco tra ferro e carbone, e Lang (3) per l'arco tra alluminio e carbone, confermavano in sostanza le osservazioni di Jamin e Maneuvrier; altrettanto con numerose esperienze trovava Blondel (4); Monasch (5) ha riassunto recentemente il materiale sperimentale relativo a questi fenomeni dell'arco voltaico; ancor più recentemente Lemoine e Chapeau (6) sperimentando a 10000 volt tra elettrodi di alluminio e di rame hanno pure riscontrato un'azione elettiva.

Fatti simili si trovano anche nei voltametri. Mengarini (7) constatava, che sottoponendo alla corrente alternata un voltametro ad acqua acidula ed elettrodi di platino, una corrente pulsante di senso variabile a seconda delle circostanze, veniva a sovrapporsi alla corrente alternata, quando si rendeva molto diversa, regolandone la superficie attiva, la densità di corrente sui due elettrodi. È noto che probabilmente appunto per la diversa densità di corrente, l'interruttore di Wehnelt (8) funziona in modo affatto diverso a seconda la polarità degli elettrodi.

Ho già accennato al caso di voltametri con elettrodi di materiale differente ricordando in precedenza il comportamento dell'alluminio; i medesimi fenomeni si possono avere anche con altri metalli, che possiedono del resto altre proprietà non dissimili da quelle dell'alluminio, principalmente il magnesio (9) e poi anche, sebbene in grado minore, lo zinco; ma non è tutto, perchè è perfino possibile di preparare delle membrane semipermeabili (10), per esempio, di ferro-cianuro di rame, le quali permettano il passaggio della corrente più facilmente in un senso che nel senso opposto.

(1) *Electrician*, 1888, XXI, pag. 510.
(2) *Sitzber. d. W. A.*, 1894, pag. 414.
(3) *An. d. Phys.*, 1897, LVIII, pag. 190.
(4) *C. R.*, 1899, pag. 727.
(5) *E. T. Z.*, 1903, pag. 336.
(6) *C. R.*, 1904, pag. 623.
(7) *A. della R. A. dei L.*, 1889, pag. 550.
(8) *E. T. Z.*, 1899, pag. 76.
(9) Beetz, *An. d. Phys.*, 1866, CXXVII, pag. 45; Campetti, *At. della R. A. di Tor.*, 1901, pag. 251.
(10) Guthe, *Ph. Rev.*, 1902, pag. 327.

Digitized by Google

È poi evidente che, almeno teoricamente, a parte cioè tutte le difficoltà pratiche cui andremmo incontro, noi potremmo ottenere una corrente ondulata accoppiando una sorgente di f. e. m. alternata con una di f. e. m. continua, scelte in maniera opportuna.

3. — L'esistenza dell'alluminio, così diffuso in natura, fu intravista assai prima di poterlo isolare; Davy tentò di ottenerlo nel 1809 per via elettrolitica, Oersted applicò inutilmente verso il 1824 metodi puramente chimici; vi riuscì Wöhler nel 1827 trattando il cloruro d'alluminio con potassio; però soltanto alcuni anni più tardi (1845) egli arrivò ad ottenerlo abbastanza puro e in discreta quantità. Una produzione in grande non cominciò che oltre un decennio più tardi, specialmente per opera di St. Claire Deville, e una produzione veramente industriale soltanto dopo che i progressi dell'elettrotecnica ebbero permesso di applicare su larga scala i procedimenti elettrochimici.

L'alluminio quindi, sia per la sua storia, sia per i processi di fabbricazione, sia per alcune delle sue più importanti applicazioni, è strettamente legato all'elettrotecnica non meno del ferro, del rame e del piombo.

Fra queste applicazioni ricordo, oltre quella di cui ci dobbiamo specialmente occupare, l'impiego dell'alluminio nelle condutture elettriche in sostituzione del rame, e il suo impiego, materialmente più modesto, ma scientificamente non meno importante, per gli elettrodi dei tubi a vuoto. L'alluminio deve quest'ultima applicazione (1) alla proprietà, che possiede insieme al magnesio, di dar luogo bensì ad una caduta di potenziale anodica alquanto maggiore di altri metalli, quale il platino, il ferro e il rame, ma di sopprimere completamente la caduta di potenziale catodica.

Val la pena poi anche di ricordare la grande ossidabilità dell'alluminio, per cui esso si riveste all'aria di un sottile strato di ossido, che lo protegge da un'ulteriore ossidazione, e per cui tende ad aspirare a un posto importante, come agente riduttore, in metallurgia.

Per ciò che riguarda le singolari proprietà elettrochimiche dell'alluminio, i primi studi sono del Buff (2), il quale rileva la proprietà dell'anodo di alluminio, in soluzione di acido solforico diluito, di ostacolare fortemente il passaggio della corrente, e ne ritiene per causa la polarizzazione, parte dovuta all'ossigeno e parte a uno strato

(1) Heinke, *Handbuch der Elektrotechnik*, I, 2, pag. 334.
(2) *An. d. Ch. u. Phar.*, 1857, CII, pag. 269.

Digitized by Google

isolante speciale aderente all'anodo, strato che per la sua stessa resistenza costituisce un ulteriore ostacolo. Questa spiegazione del fenomeno contiene anche implicitamente, data la presenza d'uno strato isolante sottile preso tra un'armatura metallica, costituita dall'elettrodo stesso, e l'elettrolita carico di ioni elettrizzati, l'ipotesi della presenza d'una capacità elettrostatica emessa molti anni più tardi. Circa la natura di questo strato isolante il Buff lo ritiene formato di silicio, presente come impurità nel materiale che aveva a disposizione.

L'anno seguente Wöhler (1), osservando in un voltametro ad elettrodi di alluminio e acido cloridrico diluito sviluppo di idrogeno al catodo e di siliciuro di idrogeno all'anodo, intuisce la formazione intorno a questo ultimo di ossido d'alluminio, con contemporanea scomposizione di acqua e sviluppo d'idrogeno, pure accennando anche alla possibilità della formazione di un ipotetico sottocloruro.

A un'ipotesi analoga arriva alcuni anni più tardi il Beetz (2), il quale contempla la formazione d'uno speciale sottoossido di alluminio.

Si iniziano intanto misure sistematiche della supposta polarizzazione per opera del Tait (3), elettrostaticamente e a circuito chiuso, e del Beetz stesso (4), applicando il metodo di compensazione di Du Bois-Reymond subito dopo l'apertura del circuito. Il secondo nota la rapidità estrema con cui l'anodo d'alluminio, previamente trattato per lungo tempo con la corrente continua, agisce nell'arrestare il passaggio della corrente, e mette in rilievo l'alta temperatura acquistata dall'elettrodo, anche mantenendo la soluzione al disotto dei 30°. Il Beetz stesso (5) in un terzo lavoro in cui riscontra che dell'ossigeno anodico una parte si diffonde nella soluzione, una parte entra a formare l'ossido di alluminio, e il resto si sviluppa come ossigeno libero, nota come, interrotta la corrente anche per brevi istanti, l'alluminio venga immediatamente attaccato dall'acido ad alta temperatura.

Intanto in Francia il Ducretet (6) richiama l'attenzione dei suoi compatriotti sul comportamento dell'anodo d'alluminio, ne attribuisce la causa alla formazione d'uno strato isolante di ossido e intravede la possibilità di qualche applicazione pratica.

(1) *An. d. Ch. u. Phar.*, 1858, CIII, pag. 218.
(2) *An. d. Phys.*, 1866, CXXVII, pag. 45.
(3) *Phil. Mag.*, 1869, XXXVIII, pag. 243.
(4) *An. d. Phys.*, 1875, CLVI, pag. 456.
(5) *An. d. Phys.*, 1877, II, pag. 94.
(6) *C. R.*, 1875, pag. 280.

Digitized by Google

Questi studi tendono in seguito a prendere un altro indirizzo, specie in conseguenza dei lavori di Kohlrausch (1873) sulla capacità di polarizzazione, per cui in un voltametro gli strati gassosi aderenti agli elettrodi rappresentano i dielettrici di due condensatori in cascata (1). È però da notare che, almeno per gli ordinari voltametri, questo modo di considerare il fenomeno è ammissibile solo fin quando la d. di p. agente è inferiore alla polarizzazione minima, oltre la quale l'elettrolisi si manifesta; al di là di questo limite, più la d. di p. agente aumenta, più la capacità di polarizzazione diventa insignificante, fino a poter considerare addirittura come priva di capacità una resistenza a liquido sottoposta a un'alta d. di p. alternata.

L'Oberbeck (2) determina appunto questa capacità per un voltametro ad alluminio con soluzione di cloruro di sodio, per piccole densità di corrente in 0.05 microfarad per mmq., risultato che permette a quest'autore, nell'ipotesi di un potere induttore specifico eguale all'unità, di calcolare mercè la relazione

$$C \times 9 \times 10^7 = \frac{1}{4\pi d}$$

lo spessore dello strato dielettrico in $1{,}768 \times 10^{-8}$ cm.

Intanto lo Streintz (3) rende conto, in tre successivi lavori, dei suoi studi sulla polarizzazione tanto anodica che catodica dell'alluminio in acido solforico diluito; egli avverte per il catodo di alluminio una polarizzazione anomala, cioè tale che, interrotto il circuito, non solo la polarizzazione diminuisce rapidamente, ma inverte addirittura il proprio valore; per la polarizzazione anodica constata, che essa cresce tanto più lentamente quanto maggiore è la resistenza in serie, e che essa cade immediatamente a zero interrotto il circuito, per riacquistare, se chiusa dopo poco tempo, subito il primitivo valore; rileva la rapidità con cui, invertita la corrente, si stabilisce il corrispondente regime, e nota anche che la presunta polarizzazione non ha, entro le misure fatte, un limite. Egli fa allora l'ipotesi, latente, come abbiamo visto, fin dai tempi del Buff, che l'anodo di alluminio rappresenti una vera e propria capacità dielettrica, pure ammettendo la contemporanea presenza d'una f. e. m. di polarizzazione.

Intorno al 1890 comincia per questi studi un periodo di rallen-

(1) Colley, *An. d. Phys.*, 1879, VII, pag. 238.

(2) *An. d. Phys*, 1883, XIX, pag. 625.

(3) *An. d. Phys.*, 1882, XVII, pag. 841; 1887, XXXII, pag. 116; 1888, XXXIV, pag. 751.

Digitized by Google

tamento, durante il quale solo quasi occasionalmente è fatto conoscere qualche fatto isolato: così Neyreneuf (1), sottomettendo alla scarica d'un rocchetto di Ruhmkorff un voltametro ad acqua distillata con elettrodi di alluminio e mercurio, osserva che passa soltanto la scarica diretta dal mercurio all'alluminio; Mengarini (2) nota il fatto singolare che un voltametro ad elettrodi di alluminio e acqua acidulata da con la corrente alternata una sensibile elettrolisi, anche crescendo la frequenza assai oltre i limiti per i quali negli altri voltametri ogni traccia di elettrolisi scompare.

Le cose sono a questo punto quando le proposte di Pollak e di Graetz infondono nuova vita a questi studi; Pollak richiede un brevetto in Germania fin dal 1896 (3), e l'anno dopo (4) fa conoscere come, sostituendo all'acido solforico diluito soluzioni alcaline opportune, si possa raddrizzare una corrente anche per 140 volt di d. di p.; Graetz (5) invece con soluzioni di allume sodico o potassico non arriva che a 22 volt, quest'ultimo è singolarmente ottimista nelle sue previsioni tanto da sperare un rendimento del 95 per cento, e considera anch'egli la capacità dielettrica come causa principale del fenomeno.

Delle numerose memorie che vengono allora alla luce, una delle prime è dovuta al Dina (6) il quale, accoppiando all'alluminio un catodo di carbone di storta, trova, che con la corrente continua oltre un certo limite della d. di p. agente, variabile con la natura e con la concentrazione della soluzione, la corrente all'improvviso prende ad aumentare rapidamente; azionando il voltametro con la corrente alternata, trova che il raddrizzamento è tanto più completo, quanto è maggiore la densità della corrente; misurando la polarizzazione subito dopo interrotto il circuito e studiando l'andamento dei valori istantanei, viene alla conclusione trattarsi veramente d'un condensatore, però con una resistenza d'isolamento relativamente piccola e soprattutto instabile; rileva inoltre che l'andamento della d. di p. e della corrente è fortemente dissimmetrico, che la corrente precede la d. di p. e che l'assorbimento di energia per parte del voltametro è notevole in entrambi i semiperiodi; quanto alla grandezza della capacità, essa con piccola densità di corrente è dell'ordine di quella

(1) *Jour. de Phys.*, 1888, VII, pag. 250.
(2) Loc. cit.
(3) DONGIER, loc. cit.
(4) Loc. cit.
(5) Loc. cit.
(6) R. Ist. Lomb., 1898, XXXI.

Digitized by Google

trovata dall'Oberbeck, ma diminuisce poi notevolmente aumentando la d. di p. agente.

Anche Wilson (1), sperimentando con la corrente continua in un voltametro ad alluminio e carbone e soluzione di allume potassico, determina separatamente la polarizzazione ai due elettrodi; trova che l'aumento della temperatura compromette gravemente la proprietà peculiare dell'anodo di alluminio; constata che, immersa parzialmente una lamina di alluminio in un bagno di mercurio, e inserito il tutto in un circuito alimentato da accumulatori, la resistenza dello strato isolante è molto instabile, talora è zero, specie quando l'alluminio è catodo, talora invece può arrivare a qualche migliaio di ohm per cmq.; rileva come osservando al microscopio, dopo un lungo trattamento elettrolitico, la lamina, questa si presenta cosparsa di numerosissime fenditure; sperimentando con la corrente alternata trova anch'egli che il voltametro funziona come un condensatore e che il raddrizzamento riesce meglio con grosse densità di corrente, e soprattutto con basse frequenze, la formazione dello strato isolante richiedendo un tempo relativamente notevole.

Il Lecher (2) nega l'esistenza d'una f. e. m. di polarizzazione, e constata come la temperatura dello strato isolante sia assai maggiore di quella del liquido.

Lo Scott (3) si rappresenta il voltametro ad alluminio come un condensatore con un'alta resistenza in parallelo, quella dello strato isolante, e una piccola resistenza in serie, quella dell'elettrolita.

Un contributo prezioso, specie per ciò che riguarda la natura dello strato isolante, ci è offerto dal Norden (4), il quale comincia il suo lavoro con una critica molto minuta e interessante delle ricerche chimiche eseguite precedentemente sull'argomento. Per ottenere poi gli strati isolanti in sufficiente quantità per un'analisi, ricorre all'espediente di commutare ogni dieci minuti la corrente nel suo voltametro ad acido solforico diluito; con ciò si forma dapprima all'anodo lo strato nel periodo successivo, se l'acido è abbastanza diluito, questo strato non si scioglie, ma soltanto perde l'intimo contatto col metallo dell'elettrodo; invertita di nuovo la corrente sotto al primo si forma un nuovo strato, e il primo cade; così procedendo, egli trova che lo strato isolante è costituito per il 70 per cento di ossido di alluminio, $Al_2 0_3$, e per il resto di ossido di silicio e di acqua; nel

(1) *Pr. of the R. S.*, 1898, pag. 329.
(2) *Sitz.ber. der W. A.*, 1898, CVII, pag. 740.
(3) *An. der Phys.*, 1899, II, pag. 406.
(4) *Z. für Elektrochemie*, 1899, pag. 159 e 188.

Digitized by Google

liquido trova principalmente idrossido di alluminio, e nel gaz, che si sviluppa, idrogeno insieme a un piccolo per cento di ossigeno. Il meccanismo del fenomeno sarebbe allora il seguente: su ogni punto dell'anodo, sul quale per la caduta dell'isolante si scopre la superficie metallica, si precipitano gli atomi d'ossigeno carichi di elettricità, si scaricano, e, dato così passaggio alla corrente, in parte si sviluppano come gaz libero, in parte formano nuovi strati di ossido di alluminio; questo viene allora sciolto per via chimica dall'acido solforico e più tardi dal solfato di alluminio stesso, in modo che il giuoco si ripete indefinitamente, così da giungere a un passaggio continuo di corrente, malgrado la resistenza, per sè elevata, dello strato isolante. Egli misura poi tanto la polarizzazione anodica che la catodica e trova anche per quest'ultima valori piuttosto elevati; osserva ancora come per ottenere un più completo raddrizzamento della corrente convenga scegliere elettroliti, che meno favoriscano la caduta dello strato isolante.

Il Campetti (1), misurando col calorimetro l'assorbimento d'energia in un voltametro ad alluminio, constata che esso è notevolmente maggiore di quello dovuto al calore di Joule.

Anche il Battelli (2) si occupa brevemente dell'argomento, e afferma di esser riuscito a formare l'anodo ed a costituire la soluzione in modo da raddrizzare correnti alternate fino a 65 volt con le frequenze ordinarie.

Il Mayrhofer (3) sceglie, come più adatte a funzionare con la corrente alternata, soluzioni di cromato di potassio e di cromato doppio di sodio, ritiene praticamente impossibile l'idea di porre più voltametri in serie, e determina col tubo di Braun la forma della corrente, però senza contemporaneamente determinare la forma della d. di p. ai morsetti del voltametro, certamente anch'essa dissimmetrica, data la presenza di resistenze in serie.

Il Mitkiewicz (4), appoggiandosi ai fenomeni luminosi, che facilmente si osservano nei voltametri ad alluminio, considera lo strato isolante come interrotto in mille punti, ed osserva, che come nell'interruttore di Wehnelt viene ostacolata dopo brevissimo tempo quella direzione della corrente in cui l'elettrodo con grande densità di corrente è anodo, così avviene nel caso considerato.

---

(1) *At. della R. A. di Tor.*, 1899, pag. 90.
(2) *At. A. E. I.*, 1899, III, pag. 122.
(3) *E. T. Z.*, 1900, pag. 913 e 926.
(4) *Phys. Zeitschrift*, 1901, pag. 747.

Digitized by Google

Misure di polarizzazione sono state ripetute dal Naccari (1), il quale ritiene come causa principale del fenomeno la resistenza dello strato isolante, resistenza che diminuisce coll'aumentare della densità della corrente, come pure per soluzione di acido solforico, col grado di concentrazione della soluzione stessa.

Qualche voce isolata si è elevata però in questi ultimi tempi anche di nuovo in favore della polarizzazione. Così il Bartorelli (2), applicando la legge di Ohm, e misurando d. di p. e correnti, arriva alla conclusione, che con l'alluminio per anodo, la f. c. e. m. è quasi nulla e perfino negativa per piccole d. di p. agenti, mentre la resistenza è grandissima, e che invece la f. c. e. m. va aumentando e la resistenza va diminuendo con l'aumentare la d. di p. agente, fino a ridursi la resistenza totale a quella sola dell'elettrolita.

Così Guthe (3) non crede troppo all'isolamento dell'ossido, ma inclina a ritenere come causa del fenomeno l'isolamento e la polarizzazione dovuti all'ossigeno aderente all'anodo, con ciò ritiene di poter meglio spiegare la rapidità con la quale la resistenza cessa di agire, quando l'alluminio scambia l'ufficio di anodo con quello di catodo.

König (4) si avvicina invece di nuovo alle idee di Scott; osserva fra l'altro che, richiudendo dopo un breve intervallo di riposo il voltametro, e mantenendo all'alluminio l'ufficio di anodo, si ha nel primo istante una corrente di brevissima durata ma di grande intensità.

Questi in rapida rassegna i lavori principali sul comportamento fisico dell'anodo d'alluminio, aggiungerò solo che quasi tutti gli autori riconoscono più o meno esplicitamente la grande instabilità di questi fenomeni; cosicchè è difficile ottenere i medesimi valori in due esperienze successive, anche rinnovando la soluzione ogni volta, e ritagliando l'elettrodo dalla medesima lastra di alluminio.

4. — Il materiale sperimentale finora ricordato non si riferisce che in minima parte (Mitkiewicz) al caso di un voltametro ad elettrodi di alluminio e piombo e una soluzione di bicarbonato di soda: per meglio studiare il raddrizzatore di Grisson, i cui elementi sono appunto costituiti a questo modo, e del quale tratterò in appresso, ho fatto qualche esperienza con un tale voltametro.

Ho collocato quindi in un recipiente di vetro a base rettangolare

(1) *At. della R. A. di Tor.*, 1901, pag. 468,
(2) *N. C.*, 1901, pag. 112.
(3) Loc. cit.
(4) *E. T. Z.*, 1902, pag. 474.

Digitized by Google

i due elettrodi disposti orizzontalmente alla distanza di un centimetro, l'alluminio al disopra del piombo, le lamine avendo la dimensione di 8 × 13 cmq.; ho ottenuto la soluzione mescolando all'acqua un 8 per cento di bicarbonato di soda; è da osservare che la soluzione non è dapprincipio del tutto limpida, perchè il bicarbonato è poco o punto solubile, per effetto però della temperatura, che s'innalza col passaggio della corrente, esso si trasforma rapidamente in carbonato solubile, la soluzione diventando fortemente alcalina. Ho formato allora, come si dice per analogia con la formazione degli elettrodi degli accumulatori, l'anodo di alluminio mediante la corrente continua, aumentando gradatamente la d. di p. agente e diminuendo le resistenze inserite per evitare da principio il passaggio d'una corrente troppo forte attraverso il voltametro. Con 30 accumulatori e una conveniente resistenza in serie di lampade a incandescenza, ottenni dopo qualche istante una corrente di 1.2 ampère e una d. di p. ai morsetti del voltametro di 10 volt; la variazione facendosi sempre più lenta, dopo mezz'ora registrai rispettivamente 0.58 ampère e 31.5 volt: ridotta la resistenza in serie, la corrente risalì a 1.2 ampère e la d. di p. a 40 volt, ottenendo dopo una mezz'ora 0.47 ampère e 51 volt. Raddoppiato il numero degli accumulatori e regolata nuovamente la resistenza, ebbi 1.25 ampère e 69 volt, e dopo cinque minuti 0.57 ampère e 92 volt; ridotta di nuovo la resistenza, in dieci minuti la corrente passò da 0.96 a 0.54 ampère e la d. di p. da 103 a 110 volt. Ripresa l'esperienza, dopo due ore con una maggior resistenza ebbi dapprima 0.40 ampère e 35 volt, e tolta in seguito ogni resistenza addizionale arrivai in pochi minuti ad equilibrare la f. e. m. degli accumulatori di 118 volt, con una corrente di 0.3 ampère. Sostituito agli accumulatori un raddrizzatore rotante di Ganz, raggiunsi una d. di p. di 140 volt con 0.2 ampère. Mantenendo chiuso il circuito, questa corrente non rimane perfettamente costante, e tende piuttosto ad aumentare; se si interrompe il circuito, per richiuderlo dopo qualche minuto, la corrente raggiunge istantaneamente il valore minimo e poi torna lentamente ad aumentare, fino a raggiungere un valore costante. Nell'atto di chiudere si ha però un fenomeno a prima vista molto singolare, cioè una grossa scintilla di chiusura, tanto più energica quanto più è alta la d. di p. agente e piccola la resistenza in serie, accompagnata da un colpo secco, scintilla analoga, sebbene in proporzioni maggiori a quella che si incontra chiudendo in corto circuito un condensatore previamente caricato. Non si ha invece una scintilla avvertibile nell'atto di aprire il cir-

Digitized by Google

cuito. Se si diminuisce finalmente la d. di p. agente, anche di molto, la corrente non diminuisce in proporzione, ma assai più lentamente.

Questo complesso di fatti si può forse interpretare nel modo seguente: la rapidità della formazione dello strato isolante è funzione della densità di corrente; questa formazione è quindi molto lenta, se si impedisce fin dal principio una grossa intensità di corrente mediante resistenze in serie; la continuità dello strato è continuamente compromessa dalle azioni chimiche secondarie, che si producono in parte anche a circuito aperto, ed è, a circuito chiuso, continuamente restaurata dalla corrente, che non può quindi mai annullarsi totalmente; quest'assorbimento d'energia aumenta con la temperatura; si ha così un condensatore, ma con una resistenza d'isolamento molto piccola, e che quasi si annulla subito dopo aperto il circuito; cosicchè il condensatore immediatamente si scarica; richiuso il circuito si nota l'istantaneo passaggio di una grossa quantità di elettricità; una parte di essa tura le falle, l'altra successivamente carica il condensatore, e la corrente permanente è minima.

Tolta la lastra dalla soluzione e lavata ed asciugata all'aria si presenta coperta da uno strato iridescente; ho tentato di costituire con essa un condensatore, facendo l'altra armatura di mercurio, e di caricarlo quindi con una pila e scaricarlo attraverso un galvanometro balistico; l'esperienza è stata negativa, probabilmente per essere l'isolamento dello strato già rimasto compromesso dall'alcalinità della soluzione.

Ho poi sottoposto il medesimo voltametro, dopo rinnovata la soluzione, nella quale s'era formato un leggero deposito bianco e fioccoso, su cui più oltre tornerò, alla d. di p. alternata fornita a 110 volt dalla rete urbana. In serie era un amperometro di Weston per correnti continue e un amperometro Olivetti a filo caldo; derivato ai morsetti del voltametro erano un voltometro Siemens di precisione per corrente continua tipo Weston e un voltometro Weston elettrodinamico; i due primi e l'ultimo erano stati precedentemente confrontati con la corrente continua data dagli accumulatori, e con lo strumento di precisione Siemens rispettivamente azionato da amperometro e da voltometro. Una batteria di lampade a incandescenza completava il circuito. I risultati di una prima esperienza di tre ore sono dati dalla seguente tabella, con l'avvertenza che nel voltametro mancava ogni dispositivo di raffreddamento.

Digitized by Google

Tempo in minuti	Corrente		Differenza di potenziale	
	media	efficace	media	efficace
0	— 2,10	4,50	+ 39,0	71,5
15	— 1,50	5,15	+ 25,3	46,5
30	— 1,15	5,45	+ 20,2	39,0
45	— 0,90	5,55	+ 18,2	35,5
60	— 0,85	5,55	+ 17,5	34,5
75	— 0,85	5,60	+ 17,5	34,0
90	— 0,80	5,65	+ 17,0	33,0
105	— 0,80	5,70	+ 16,0	32,0
120	— 0,75	5,75	+ 15,0	29,5
135	— 0,70	5,80	+ 13,8	27,0
150	— 0,60	5,90	+ 12,2	24,0
165	— 0,50	6,05	+ 10,4	21.0
180	— 0,40	6,20	+ 8,6	18,0

Alla fine dell'esperienza la temperatura dell'elettrolita aveva raggiunto gli 80° e la lamina di alluminio al tasto era rovente. Ripresa dopo due ore l'esperienza, senza nulla toccare, ebbi i seguenti valori:

Tempo in minuti	Corrente		Differenza di potenziale	
	media	efficace	media	efficace
0	— 1,40	4,8	+ 26,3	49,0
15	— 1,00	5,4	+ 17,5	32,0
30	— 0,70	5,8	+ 12,0	23,5
45	— 0,50	6,1	+ 9,0	19,0
60	— 0,40	6,2	+ 8,0	17,0
75	— 0,30	6,2	+ 7,3	16,0
90	— 0,25	6,2	+ 6,8	15,0
105	— 0,25	6,25	+ 6,4	14,5
120	— 0,20	6,25	+ 6,0	14,0
135	— 0,20	6,30	+ 6,0	13,5
150	— 0,20	6,30	+ 6,0	13,0
165	— 0,20	6,35	+ 5,8	13,0
180	— 0,15	6,35	+ 5,5	12,5

Digitized by Google

Per ciò che riguarda l'aumento di temperatura trovai di nuovo il liquido caldo e la lamina caldissima.

Dalla ispezione dei risultati consegnati nelle due tabelle, si deduce che la proprietà peculiare del voltametro si è andata a mano a mano perdendo nelle prime tre ore, è tornata in parte almeno ad essere attiva dopo le due ore di riposo, probabilmente per il conseguente abbassamento di temperatura, e si è perduta quasi affatto nelle tre ore successive.

Aperto il circuito il voltometro Siemens accusava una f. e. m. di segno contrario alla d. di p. di prima, diretta cioè dal piombo allo alluminio, cioè dovuta evidentemente alla polarizzazione del voltametro pel prevalente passaggio della corrente nel senso negativo, cioè nel senso piombo alluminio. Tale f. e. m. era nei primi istanti di 2.3 volt, dopo 5 minuti di 1.05 v., dopo 20 di 0.22, dopo 30 di 0.1 ed era ancora percettibile dopo 85 minuti.

Durante l'intera esperienza l'elettrodo aveva perduto circa 3 g. su 32; giova osservare in proposito che in due antecedenti esperienze, fatte con la medesima lamina, per il medesimo tempo, circa con la medesima corrente efficace, ogni volta con la soluzione rinnovata, la perdita in peso era stata rispettivamente di 1.2 e di 2.3 g.; l'elettrodo quindi, a parità di altre condizioni, andava perdendo un peso sempre maggiore.

L'elettrodo di piombo risultava alla fine ricoperto di uno strato superficiale di biossido di piombo.

A circuito chiuso si notava uno sviluppo di gaz abbastanza abbondante, e nella soluzione si formavano delle nubi biancastre staccantesi apparentemente dall'alluminio e che cadevano lentamente al fondo in forma fioccosa, lasciando, interrotto il circuito, quasi limpida la soluzione. Il dott. Gino Gallo fece l'analisi della soluzione e del deposito dopo una di tali esperienze: risultò che il bicarbonato di sodio versato nell'acqua aveva finito per dare una soluzione di carbonato di sodio, e che il residuo bianco fioccoso era essenzialmente costituito di idrossido di alluminio oltre a tracce di idrossido di piombo e di calce.

Quanto alla lamina, essa aveva la faccia inferiore ricoperta d'un sottile strato di ossido, e striata per il passaggio delle bolle di gaz, la faccia superiore invece rugosa coperta di croste stratificate che cadevano a pezzi inflettendo leggermente la lamina.

Liberata da queste croste e lavata abbondantemente con acqua comune, la lamina, esclusivamente dalla faccia inferiore, mandava

Digitized by Google

un ronzio da alveare, percettibile anche ad alcuni decimetri di distanza, il fenomeno perdurando intenso per un paio di ore.

Da misure di potenza eseguite poi in condizioni analoghe, mi risultò che la potenza assorbita dal voltometro andava aumentando di mano in mano che l'apparecchio perdeva il suo comportamento caratteristico.

Da questo complesso di fatti risulta che il metallo vien sempre più profondamente attaccato, specie per l'alcalinità dell'elettrolita, e l'alta temperatura assunta dalla lamina, che a questo modo aumentata grandemente la superficie utile dell'elettrodo, viene a diminuire la densità della corrente, e quindi a peggiorare sempre più il funzionamento del voltametro, come già altri hanno osservato, tale inconveniente facendosi naturalmente sempre più grave e che probabilmente l'alta temperatura contribuisce anche a diminuire la resistenza specifica dello strato isolante di ossido di alluminio (1).

Le letture agli strumenti a corrente continua, se potevano valere egualmente allo scopo che in questa misura mi ero prefisso, dovevano però suscitare molti dubbi circa la loro esattezza assoluta, fatti questi di cui non tutti gli autori antecedentemente ricordati hanno tenuto il debito conto; un dubbio analogo sorge per le misure di potenza, eseguite mediante il wattometro su correnti di questo genere, o su correnti ondulate, quali si ottengono coi raddrizzatori elettrolitici.

Pollak (2) aveva girata quest'ultima difficoltà, pur arrivando egualmente a determinare il rendimento del suo raddrizzatore, applicato alla carica di accumulatori, misurando l'energia restituita dagli accumulatori stessi alla scarica e deducendone l'energia assorbita dalla conoscenza del rendimento in energia degli accumulatori; questo autore ammetteva così implicitamente l'ipotesi che il rendimento degli accumulatori fosse il medesimo, sia che fossero caricati con corrente continua sia con corrente pulsante.

Per vedere sperimentalmente quale e quanto fondamento avessero questi dubbi, e per studiare contemporaneamente più da vicino l'andamento del fenomeno, procedetti alla determinazione delle curve della d. di p. e della corrente mediante l'ondografo di Hospitalier, rilevando insieme i loro valori medi ed efficaci mediante gli strumenti prima accennati, e la potenza mediante un wattometro di torsione di Ganz. Entrambi le curve furono determinate applicando il

(1) SOHLMANN, *E. T. Z.*, 1900, pag. 765.
(2) *Ecl. élec.*, 1898, pag. 122.

Digitized by Google

metodo classico di Blondel, cioè caricando un condensatore di 0.5 microfarad e scaricandolo attraverso il galvanometro, di cui regolavo opportunamente la sensibilità variando lo shunt; per la curva della corrente era inserita sul circuito principale una resistenza senza induzione di 1.257 ohm. Per la registrazione delle curve avevo introdotto nell'ondografo una piccola modificazione che mi aveva permesso di sostituire al galvanometro accompagnato all'apparecchio un galvanometro più sensibile, opportunamente smorzato, e soprattutto di sostituire alla scrittura diretta la registrazione fotografica.

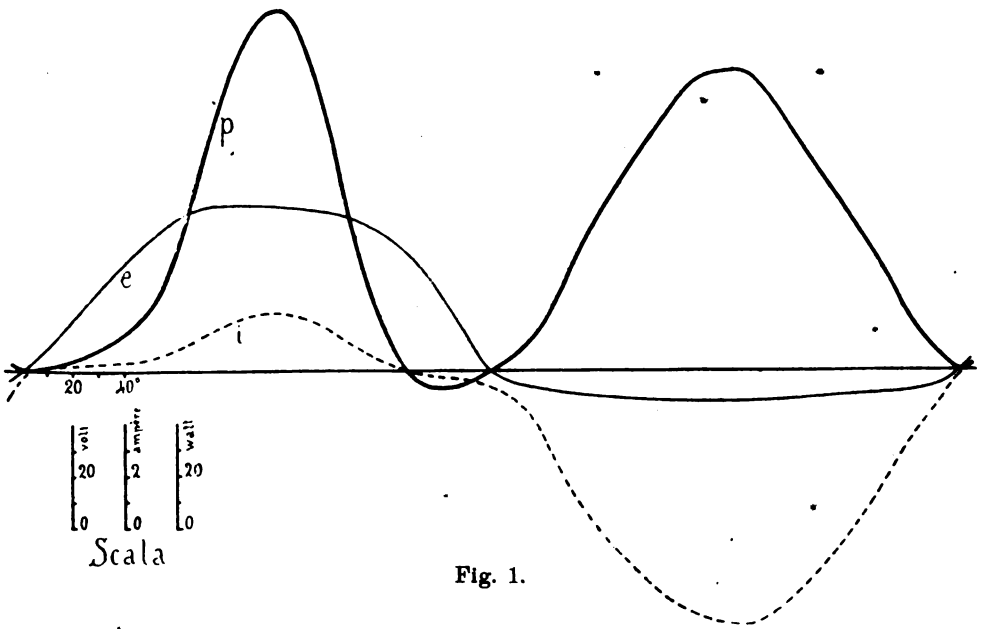


Fig. 1.

Le due curve, con un giuoco di commutatori facilmente immaginabile, venivano successivamente sovrapposti sopra la medesima zona di carta sensibile nel giro di un paio di minuti, senza interrompere la corrente nel voltametro, nè fermare il motore sincrono dell'ondografo. La scala delle ordinate delle due curve veniva accuratamente determinata, dopo ciascuna serie d'esperienze, nel modo noto sostituendo al voltametro una resistenza conveniente e chiudendo il circuito sulla batteria di accumulatori.

Delle otto determinazioni fatte con questo sistema e che danno risultati sufficientemente concordanti, scelgo la meglio riuscita (fig. 1); il diagramma porta le curve della d. di p. e della corrente ottenute sperimentalmente, e la curva della potenza ottenuta moltiplicando i valori istantanei corrispondenti dati dalle curve precedenti. Con

Digitized by Google

l'aiuto del planimetro polare e di curve ausiliarie non riportate in figura, calcolai i valori medi delle tre curve e i valori efficaci delle due prime: questi valori sono riportati nella prima riga della tabella seguente, mentre nella seconda son riportati i valori dedotti dagli strumenti di misura.

Corrente		Differenza di potenziale		Potenza media
media	efficace	media	efficace	
— 2,6 a	4,8 a	+ 21,4 v	34,5 v	53,6 w
— 2,45	4,8	+ 17,5	35,0	54,2

La concordanza tra i valori efficaci delle due righe, anche avuto riguardo alle manipolazioni necessarie per arrivare dalle curve a quelli della prima riga, è più che soddisfacente, e ci affida della esattezza dei valori medi dedotti con manipolazioni più semplici dalle curve.

Dal confronto di questi ultimi valori discende, che le indicazioni dell'amperometro Weston sono alquanto minori del vero, il divario dipendendo essenzialmente dalla diversa costante del tempo dei due circuiti in parallelo, la bobina mobile cioè e lo shunt; e che assai più forte e ancora nel medesimo senso è l'errore, di cui è affetta la lettura del voltometro Siemens, la ragione essendone evidentemente la resistenza non priva di autoinduzione del voltometro stesso. Il confronto delle potenze mostra che, almeno per il caso considerato, il divario fra i due valori non è grande abbastanza per permetterci di stabilire con sicurezza il segno dell'errore, e difficilmente si arriverebbe ad un risultato più decisivo partendo dalle armoniche delle curve deformate per dedurre il fattore di Fleming.

L'ispezione del diagramma mostra in seguito la ragione per la quale nelle tabelle precedenti la corrente media ha costantemente il segno *meno,* cioè la corrente ha prevalentemente la direzione piombo alluminio, mentre la d. di p. media ha il segno *più;* ciò dipende dal fatto che la massima d. di p. si ha naturalmente quando l'alluminio è anodo. Anche la curva della d. di p. è infatti, almeno quando si abbiano in serie col voltametro delle resistenze, fortemente alterata nei due mezzi periodi; questa alterazione tende a scomparire, e allora tanto più si deforma la curva della corrente, perchè tanto

Digitized by Google

maggiore diventa la corrente negativa, quando il voltametro sia chiuso senza resistenze in serie su un generatore di notevole potenza.

La curva della potenza è, per quasi tutta la durata del periodo, positiva, cioè rappresenta quasi costantemente assorbimento di energia: da altre esperienze mi risulta, ed era facilmente prevedibile, che, col diminuire della resistenza in serie, aumenta la potenza consumata nel mezzo periodo in cui l'alluminio è catodo.

È anche importante di constatare, che mentre la frazione di periodo in cui la d. di p. è positiva, alluminio anodo, è naturalmente eguale alla frazione di periodo in cui la d. di p. è negativa, per la corrente la prima frazione è notevolmente più piccola della seconda, nel caso rappresentato dal diagramma la prima frazione non abbracciando che un arco di 145° invece di 180°; cosicchè mentre all'inizio del periodo la corrente ritarda rispetto alla d. di p. di circa 3° alla fine del primo semiperiodo la corrente precede la d. di p. di ben 32°. Si direbbe, che dapprima la corrente proceda secondo la legge di Ohm e provochi indirettamente la formazione dello strato isolante, e, una volta turate le ultime falle, si abbia una violenta corrente di carica, immediatamente seguita dalla corrente di scarica, la d. di p. tendendo di nuovo a diminuire; questa corrente annulla rapidamente l'azione dello strato isolante preparando la strada al passaggio della corrente nel senso piombo alluminio.

Noto ancora che il fattore di potenza dedotto dai valori della prima riga dell'ultima tabella è di circa 0,32, cioè corrisponde ad uno spostamento di fase equivalente ben maggiore di quello reale, che risulta dal diagramma.

5. — Inserito un voltametro, come quello finora studiato, in un circuito a corrente alternata, noi veniamo ad avere, anche ammessa l'ipotesi, impossibile a realizzare completamente, di annullare la corrente mentre l'alluminio è anodo, non una corrente continua e neppure una corrente pulsante, ma addirittura una corrente intermittente, soltanto mezzo periodo essendo utilizzato. Inoltre la mancanza di un dispositivo di raffreddamento lascia elevare la temperatura in modo da compromettere gravemente il funzionamento dell'apparecchio.

Sono state allora ideate disposizioni dei circuiti e forme pratiche dei voltametri atte ad eliminare questi inconvenienti.

Pollak e Graetz (1), per utilizzare entrambi i semiperiodi della corrente, hanno ricorso alla disposizione indicata nella fig. 2 con

(1) Loc. cit.

Digitized by Google

quattro voltametri ciascuno rappresentati con due linee parallele, l'una sottile, l'alluminio, e l'altra spessa il piombo, *D* rappresentando il generatore ed *R* l'apparecchio di utilizzazione. Quando allora è positivo il morsetto a sinistra dell'alternatore *D*, il cammino positivo della corrente è *D* 1 *R* 3 *D*, nel semiperiodo successivo è invece *D* 4 *R* 2 *D*, cosicchè attraverso *R* passa una corrente pulsante; aperto il circuito in *R*, restano due gruppi di due voltametri in opposizione inseriti in parallelo fra loro sull'alternatore, la corrente a vuoto può esser quindi piccola cosa.

Il Mitkiewicz (1) (fig. 3), collocando nel medesimo recipiente due elettrodi di alluminio, rappresentati in figura da due punti, e un elettrodo di piombo, rappresentato da un anello, ha ideato una dispo-

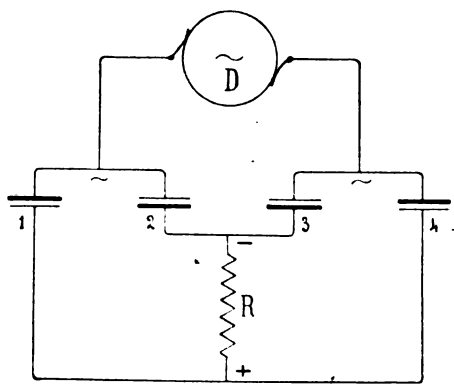


Fig. 2.

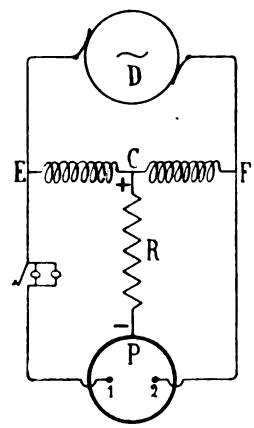


Fig. 3.

sizione ingegnosa per raggiungere lo stesso scopo con un solo voltametro: egli dispone tra *E* ed *F* una bobina di reazione con grande coefficiente di autoinduzione e piccola resistenza ohmica, e in parallelo a questa il condensatore elettrolitico costituito dai due elettrodi di alluminio immersi nell'elettrolita, così da avere col circuito di utilizzazione aperto un piccolo assorbimento d'energia; un reostato a lampade da chiudersi in marcia normale in corto circuito, serve nell'avviamento, evitando il passaggio di una corrente troppo intensa, a formare gli elettrodi di alluminio. Tra l'elettrodo di piombo e il centro della bobina di reazione è inserito l'apparecchio di utilizzazione. Quando il morsetto a sinistra dell'alternatore è positivo il cammino positivo della corrente è *D E C R P* 2 *F D* e nel mezzo periodo successivo *D F C R P* 1 *E D*, la presenza dell'autoinduzione concor-

(1) Loc. cit.

Digitized by Google

rendo a smorzare le oscillazioni della corrente pulsante, ma a diminuire nello stesso tempo la d. di p. utilizzata.

Anche la corrente trifasica, anzi per ciò che riguarda la costanza della d. di p. ottenuta meglio che non la monofasica, si presta ad essere trasformata in corrente continua, mercè i raddrizzatori elettrolitici. La primitiva disposizione ideata (1) richiede però sei voltametri disposti come nella fig. 4; nell'istante allora, in cui il filo 1 si trova al potenziale massimo positivo, il cammino positivo della corrente è 0 1 b R $\left\{\begin{matrix} c\,2 \\ e\,3 \end{matrix}\right\}$ 0, quando invece successivamente vi si trova il filo 2 e il filo 3, il cammino rispettivamente diventa 0 2 d R $\left\{\begin{matrix} e\,3 \\ a\,1 \end{matrix}\right\}$ 0; e 0 3 f R $\left\{\begin{matrix} a\,1 \\ c\,2 \end{matrix}\right\}$ 0. Interrotto il circuito di utilizzazione si hanno i voltametri combinati in opposizione con piccolo assorbimento d'energia.

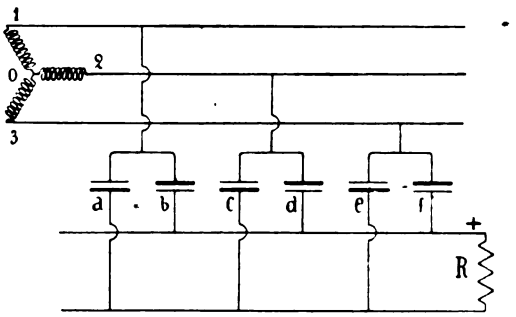


Fig. 4

H Mitkiewicz (2) (fig. 5), disponendo in un medesimo voltametro tre elettrodi di alluminio e uno di piombo, ha ideato una disposizione affatto analoga a quella adottata per il raddrizzamento della corrente trifasica mediante la lampada di Hewitt, inserendo cioè l'apparecchio di utilizzazione fra il centro della stella del generatore e l'elettrodo di piombo e collegando i tre fili di linea con tre elettrodi di alluminio riuniti nello stesso voltametro. Attraverso R non passa evidentemente la corrente che nel senso O P.

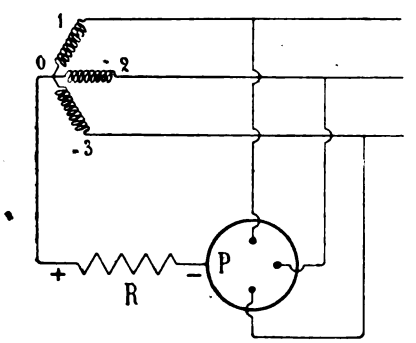


Fig. 5.

Quanto alla costruzione pratica degli elementi del raddrizzatore, accennerò ad alcuni dei pochi tipi che sono stati proposti. Pollak (3) prepara la lastra di alluminio trat-

(1) *Ecl. élec.*, 1897, pag. 289.

(2) Loc. cit.

(3) *C. R.*, 1901, pag. 1405; Dongier, loc. cit.; Blondin, *Ecl. élec.*, 1901, pag. 117.

Digitized by Google

tandola prima con una soluzione di soda caustica, e la forma quindi con la corrente continua in soluzione di fosfato di potassio fino a 200 volt. Egli costituisce gli elettrodi con più lastre in parallelo, le une di alluminio, le altre di piombo, disposte verticalmente e alternate, come si usa negli accumulatori ordinari; le lastre sono, non soltanto completamente immerse, ma non arrivano che ad un terzo circa dell'altezza del recipiente, in modo da ottenere un sufficiente raffreddamento, semplicemente per l'abbondanza del liquido; secondo l'autore, infatti, dopo 4 ore di funzionamento a pieno carico la temperatura dell'elettrolita non raggiunge 40°. La soluzione è mantenuta leggermente acida mediante aggiunta di acido fosforico, questo per mantenere meglio le lastre. Il rendimento oscilla tra 70 e 80 per cento, e aumenta col diminuire della frequenza; dopo 5 ÷ 800 ore di funzionamento l'elettrodo di alluminio va rinnovato. La densità di corrente normale è di 1 ampère per decimetro quadrato; i voltametri devono essere vuotati quando l'apparecchio è in riposo, se non si vuole che le lastre si consumino inutilmente.

Nodon (1) adopera per elettrodo rispettivamente una lega di alluminio, 97 per cento, e zinco, 3 per cento, e, dopo aver tentato la grafite, il ferro, e impiega una soluzione di fosfato neutro d'ammonio. Il recipiente è di ferro, e al centro è disposto verticalmente un tubo di ferro bucherellato, che attraversato il fondo reca uno dei morsetti; il tubo stesso è chiuso inferiormente da un tappo di kauciouk, il quale è forato nel mezzo da un bastoncino di alluminio, che penetra dal sotto in su nel tubo, costituisce l'altro elettrodo, e porta in basso il relativo morsetto; una guaina di ebanite, che copre la parte superiore del bastoncino, ed è spostabile verticalmente, permette di limitare la superficie attiva dell'elettrodo in modo da mantenere una densità conveniente, che secondo l'autore oscilla da 5 ÷ 10 ampère per decimetro quadrato. Nel caso di grossa intensità di corrente al bastoncino di alluminio è sostituito un tubo, nel quale si attiva come in un caminetto una circolazione d'aria, che può eventualmente esser resa più energica mediante un ventilatore.

Il Mitkiewicz (2) adopera invece un recipiente cilindrico di vetro, nella parte centrale del quale è disposto verticalmente in acqua addizionata di bicarbonato di soda un tubo di piombo raccomandato al coperchio isolante del vaso, dove è fissato il relativo morsetto; l'altro elettrodo è costituito da un pezzetto di filo di alluminio disposto

(1) *C. R.*, 1903, pag. 445; DONGIER, loc. cit.; *E. T. Z.*, 1903, pag. 424.
(2) Loc. cit.

Digitized by Google

verticalmente al centro del tubo, e che scende spuntando fuori da un tubetto di vetro di mano in mano che, consumandosi si presenta necessaria la sua rinnovazione. Un serpentino posto intorno al tubo provvede ad un energico raffreddamento a circolazione d'acqua.

L'elemento del raddrizzatore di Grisson (1), che descriverò più minutamente (fig. 6), riferendosi ad esso le esperienze, che devo in seguito citare, è costituito da un recipiente di vetro a base rettangolare di 19 × 22 centimetri quadrati, per 30 centimetri di altezza; quanto alla natura della soluzione, il sale, che, contenuto in barattoli di latta, accompagna l'apparecchio per essere addizionato all'acqua distillata, è risultato, da una prova eseguita nel laboratorio di chimica della fabbrica Ganz di Budapest, costituito di bicarbonato di sodio. A pochi millimetri dal fondo, sostenuto da 4 pezzetti di ebanite, è disposta orizzontalmente una lamina di piombo, in comunicazione col relativo morsetto, collocato sul coperchio, mediante un filo di piombo, che sale verticalmente lungo una parete. Al di sopra è disposta orizzontalmente la lamina d'alluminio sostenuta al centro da un bastoncino verticale di alluminio, che attraversa in un serrafilo opportuno il coperchio, così da poter variare la distanza fra gli elettrodi. Nella zona superiore del liquido è disposto il serpentino di piombo destinato alla circolazione d'acqua prevista per il raffreddamento.

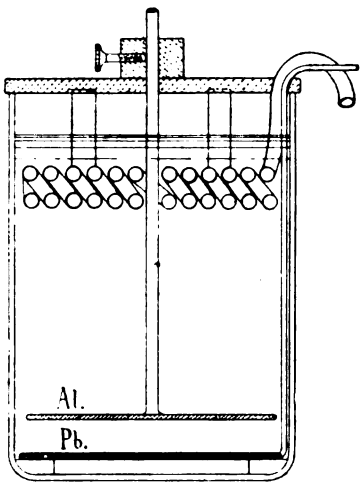


Fig. 6.

L'autore annette grande importanza alla collocazione orizzontale dell'elettrodo di alluminio, asserendo che a questo modo è favorito sulla faccia inferiore il ripristinamento dello strato isolante per opera dell'ossigeno, che, una volta sviluppato, più facilmente in grosse bolle rimane aderente alla lamina, pronto ad accorrere laddove l'alluminio viene a nudo. La faccia superiore viene naturalmente ad essere assai meno cimentata, non contribuendo al passaggio della corrente, almeno quando l'alluminio è catodo che in minima parte, e quindi la continuità dello strato isolante venendo meno facilmente ad essere compromessa.

La d. di p. agli estremi degli apparecchi di utilizzazione può

(1) *E. T. Z.*, 1903, pag. 432.

Digitized by Google

essere in certe circostanze tutt'altro che costante; per attutire allora le oscillazioni della corrente raddrizzata si possono impiegare due procedimenti diversi, quello cioè di porre in serie con gli apparecchi di utilizzazione un rocchetto di grande autoinduzione e piccola resistenza, che agisca come un filtro, oppure l'altro di porre in parallelo agli apparecchi un condensatore, che agisca come un volano, caricandosi mentre la d. di p. cresce, scaricandosi, almeno in parte, attraverso il circuito di utilizzazione, quando la d. di p. diminuisce. In questo secondo caso, perchè la compensazione riesca efficace, occorre immagazzinare una grande quantità di elettricità, cioè occorre una grande capacità difficilmente raggiungibile con i mezzi ordinari; può invece servire utilmente un voltametro ad elettrodi di alluminio, il quale tanto più funzionando in questo caso a piccola densità di corrente, ha un'elevata capacità per centimetro quadrato e del quale si aumenta la superficie degli elettrodi fin tanto si abbia una sufficiente capacità.

Tali voltametri erano impiegati, secondo Norden (1), da lungo tempo in alcuni laboratorî come condensatori di grande capacità.

Pollak, Nodon e recentemente Grisson (2) li hanno proposti per smorzare, nel modo accennato, le oscillazioni della corrente raddrizzata; il voltametro costituito a questo scopo dal Grisson è un recipiente di piombo a base quadrata di 15 centimetri di lato, alto 18 centimetri, diviso internamente in due scomparti mediante una parete di piombo verticale e parallela a due facce opposte, col recipiente fa massa un morsetto; sospesi al coperchio di ebanite del recipiente sono due elettrodi di alluminio collegati ciascuno ad un morsetto, e formati di una lunga lamina d'alluminio larga quanto l'interno del vaso, ripiegata più volte a zig-zag, in modo da occupare quasi completamente ciascun scomparto; colonnine d'ebanite provvedendo a mantenere separato l'alluminio dal piombo. Provveduto un voltametro così fatto dell'elettrolita, esso può essere impiegato in due modi, o come condensatore elettrolitico in un circuito a corrente alternata, facendo capo ai due elettrodi di alluminio, così d'avere due voltametri alluminio-piombo posti in serie, ma in opposizione fra loro, o come condensatore volano in parallelo sul circuito di utilizzazione del raddrizzatore, ponendo questa volta l'alluminio, uno o due elettrodi in parallelo, al polo positivo e il piombo al negativo. A questo modo, soltanto l'anodo di alluminio, la cui pro-

(1) Loc. cit.
(2) Loc. cit.

Digitized by Google

prietà è mantenuta efficace pel passaggio di una corrente sempre diretta nel senso alluminio piombo, per effetto della d. di p. raddrizzata, funziona come condensatore caricandosi e scaricandosi alternativamente, le due correnti, la continua e l'alternata, venendosi così nell'apparecchio a sovrapporre.

I raddrizzatori e i condensatori elettrolitici non sono le uniche applicazioni della proprietà dell'anodo di alluminio che sieno state immaginate; così è stato anche proposto di applicare questi voltametri all'alimentazione con la corrente alternata dei rocchetti di Ruhmkorff (1), alimentazione che può essere anche uno degli scopi dei raddrizzatori stessi (2); così si è voluto sostituirli agl'interruttori a minimo nella carica degli accumulatori, e poi ancora applicarli alla telegrafia simultanea (3) e alla misura delle piccole correnti alternate mediante galvanometro a magnete permanente. Però la più importante di tutte queste applicazioni resta sempre la prima.

6. — Ho avuto occasione, lo scorso settembre, nella fabbrica Ganz in Budapest, di studiare sperimentalmente il raddrizzatore elettrolitico di Grisson d'Amburgo, che era stato qualche mese prima acquistato appunto per istituire sopra di esso delle ricerche sperimentali. Devo a questo punto ringraziare vivamente il prof. Guglielmo Mengarini e il signor direttore Otto Bláthy, per il gentile interessamento dei quali potei compiere queste ricerche, nonchè la direzione intera della fabbrica Ganz per il permesso avuto, e il personale della sala delle prove e del laboratorio di chimica della Casa stessa per la cortese premura con cui ebbe a mettere a mia disposizione il materiale necessario alle esperienze.

Scopo principale di queste fu di studiare il raddrizzatore dal punto di vista della sua applicabilità industriale, determinando in conseguenza i suoi diagrammi di funzionamento, come si usa fare per i generatori e i trasformatori dell'energia elettrica: approfittai però dell'occasione anche per studiare l'apparecchio, almeno fin dove era possibile senza abusare troppo dell'ospitalità concessami, dal lato più puramente fisico, determinando le curve delle d. di p. e delle correnti, che, per brevità e per analogia coi trasformatori statici, chiamerò anche qui primarie e secondarie. Tali ricerche furono estese anche al caso in cui, per attutire le oscillazioni della d. di p. secondaria, un condensatore elettrolitico come quello del Grisson

(1) Kalischer, *E. T. Z.*, 1899, pag. 139.
(2) Grisson, loc. cit.
(3) Ducretet, loc. cit.

Digitized by Google

dianzi descritto, era posto in parallelo all'apparecchio di utilizzazione; in realtà fu adoperato a questo scopo una sola sezione, nelle altre essendo gli elettrodi per difetto di costruzione in corto circuito. Come apparecchio di utilizzazione furono costantemente adoperate delle grosse lampade ad incandescenza; sarebbe però certamente interessante di ripetere queste ricerche applicando il raddrizzatore alla carica degli accumulatori.

Prima di riferire i risultati ottenuti, accennerò brevemente alla disposizione generale degli elementi del raddrizzatore, degli apparecchi di misura e degli accessori, quale fu mantenuta per tutta la durata delle esperienze, circa un mese (fig. 7): i quattro voltametri del raddrizzatore insieme agli strumenti di misura, agli interruttori ed alle valvole erano riuniti su di un banco posto a pochi metri di distanza dall'alternatore, il quale essendo ad alta tensione, alimentava il raddrizzatore mediante un trasformatore riduttore; l'alternatore condotto da un motore asincrono era in realtà trifasico, e serviva a diverse stazioni di collaudo nella sala delle prove cosicchè la variabilità del carico rendeva alquanto oscillante la d. di p. secondaria del trasformatore, e rese necessarie pazienti manipolazioni aritmetiche per ricondurre i risultati ottenuti ad una d. di p. iniziale costante.

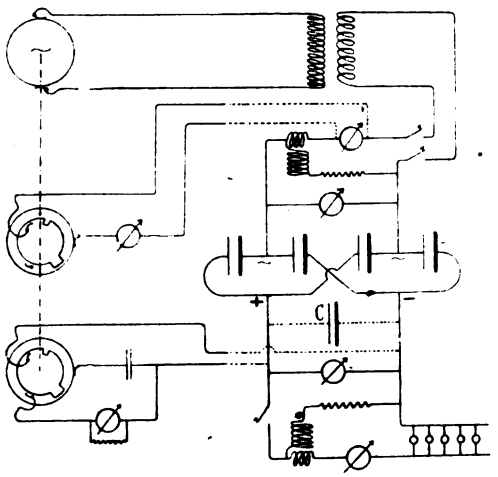


Fig. 7.

Gli amperometri e i voltometri erano strumenti a filo caldo di Hartmann e Braun, previamente tarati con la corrente continua e con strumenti di precisione di Weston; per poter leggere con sufficiente esattezza anche intensità di corrente molto diverse furono spesso posti in serie due amperometri di diversa sensibilità, quello di sensibilità maggiore venendo chiuso in corto circuito, quando la intensità troppo forte della corrente lo richiedeva; così pure altri amperometri, non indicati nello schema, furono inseriti per determinare, durante l'impiego del voltametro condensatore, contemporaneamente le tre correnti secondarie, cioè quella utile, quella del condensatore e quella totale. Come wattometri furono adoperati i

Digitized by Google

notissimi wattometri di torsione di Ganz, con le relative cassette di resistenze disposte sotto il banco; quando il caso lo richiedeva, e precisamente nelle misure a vuoto, fu tenuto conto delle perdite dovute agli istrumenti di misura stessi, secondo i noti criteri. Il voltametro condensatore C era pure disposto sotto il banco e poteva facilmente essere inserito.

La circolazione dell'acqua nei serpentini del voltametro del raddrizzatore era energicamente mantenuta mediante un sistema di tubi parte di vetro e parte di gomma, pazientemente messi a posto, che facevano capo a una presa di acqua corrente e che derivavano in ciascun serpentino circa un litro d'acqua al minuto.

Per la determinazione delle curve fu adoperato un apparecchio molto bene ideato e costrutto dall'ing. Zelewski della Casa Ganz; l'apparecchio in via puramente schematica rappresentato sulla sinistra della fig. 7, era premuto contro la testa dell'asse dell'alternatore da un operaio, mediante una lunga impugnatura come un grosso contagiri, e realizzava un doppio disco di Joubert; sulle due facce d'un disco isolante, trasportato in rotazione dall'asse della dinamo, erano incassate due lamine metalliche sagomate come in figura; solidali invece con l'impugnatura erano i due sistemi di spazzole disposti lateralmente, e spostabili quindi tutte insieme ruotando l'impugnatura stessa, lo spostamento angolare impresso venendo determinato con la lettura, in corrispondenza ad un indice montato folle rispetto all'impugnatura e mantenuto verticale da un contrappeso, di una graduazione sessagesimale solidale con le spazzole stesse. Le misure venivano fatte con la massima celerità di due in due gradi, a 72 gradi, l'alternatore essendo a 10 poli, corrispondendo un periodo e per un periodo facendosi quindi, compresa la prima e l'ultima, 37 letture.

Molte serie di misure si dovettero più volte ripetere per le frequenti variazioni della d. di p. efficace primaria. Per la determinazione della curva delle d. di p. fu adoperato il metodo di Blondel, già accennato al § 4 di questa memoria, come galvanometro, servendo magnificamente un milliamperometro di Weston con lo zero nel mezzo della scala, al quale applicai uno shunt in filo di manganina di 14 ohm; una determinazione preliminare eseguita nel modo noto con una batteria di accumulatori, nelle identiche condizioni di funzionamento, mostrò rigorosa proporzionalità fra deviazione del galvanometro e d. di p., una parte della graduazione corrispondendo a 4 volt. Per la determinazione delle curve delle correnti non mi fu possibile far uso di un galvanometro a riflessione, come

Digitized by Google

sarebbe stato necessario, per l'impossibilità di installarlo in sufficiente vicinanza; adoperai quindi il medesimo milliamperometro senza shunt e dovetti in conseguenza sacrificare la maggior precisione alla maggior sensibilità, sopprimendo il condensatore e collocando in sua vece direttamente il galvanometro, così come mostra fedelmente la fig. 7; come resistenza ausiliare finii per adoperare dopo vari tentativi gli amperometri a filo caldo già inseriti per le letture dei valori efficaci sui vari circuiti; la loro autoinduzione è infatti trascurabile, la d. di p. ai morsetti con l'amperaggio massimo è ordinariamente più elevata di quello che si trova spesso affermato, e l'influenza della temperatura sulla loro resistenza, data la presenza dello shunt, non è gran cosa, e ad ogni modo rende meno rigorosa la determinazione della scala delle ordinate, ma influisce ben poco sulla forma della curva, a una determinata corrente efficace corrispondendo, passati i primi istanti, una temperatura sensibilmente costante.

Per tutte queste ragioni la determinazione della forma della curva delle correnti non ha la pretesa di gareggiare in precisione con quella delle curve della d. di p.; tuttavia le deduzioni che dovrò trarne si poggiano sull'andamento generale di queste curve, andamento largamente confermato dalle numerose esperienze comparative, che ho potuto eseguire.

La contemporaneità delle misure utile, se, disponendo di un numero sufficiente di osservatori, effettivamente raggiunta, non era possibile nel caso presente in cui mi trovavo solo, astrazion fatta dall'aiuto materiale di un operaio, ad eseguire le misure; ho preferito quindi in generale determinare separatamente l'andamento delle singole grandezze, sia per la determinazione della forma delle curve dei valori istantanei, dove ciò era anche richiesto dagli strumenti a disposizione, sia per quella dei diagrammi di funzionamento, ripetendo ogni volta la misura di quelle grandezze, che come la d. di p. primaria e la corrente utile, dovevano servire di riferimento per il calcolo delle eventuali correzioni. La bontà dei risultati fu anche qui conformata dalla loro concordanza per serie di misure ripetute nelle identiche condizioni.

Scelgo fra i numerosi diagrammi ottenuti i meglio riusciti ed i più caratteristici, cominciando da quelli che ritraggono l'andamento dei valori istantanei; premetto che essendo il generatore di potenza molto maggiore di quella assorbita, anche sotto carico, dal raddrizzatore, ed essendo questo inserito sul trasformatore senza resistenze addizionali, la curva della d. di p., primaria rispetto al raddrizzatore

Digitized by Google

rimaneva sensibilmente invariata di forma e di fase, qualunque il carico del raddrizzatore stesso. Tutti questi diagrammi si riferiscono a una d. di p. primaria di 100 volt, mantenuta regolando l'eccitazione dell'alternatore; la temperatura dell'elettrolita oscillava fra 25 e 30° ed era naturalmente alquanto maggiore verso la fine che non al principio di ciascun ciclo d'esperienze.

La fig. 8 dà un'idea del comportamento del raddrizzatore a vuoto, caratteristica è la forma della curva della d. di p. primaria e_1 la quale è propria del generatore, e differisce sensibilmente dalla sinussoide;

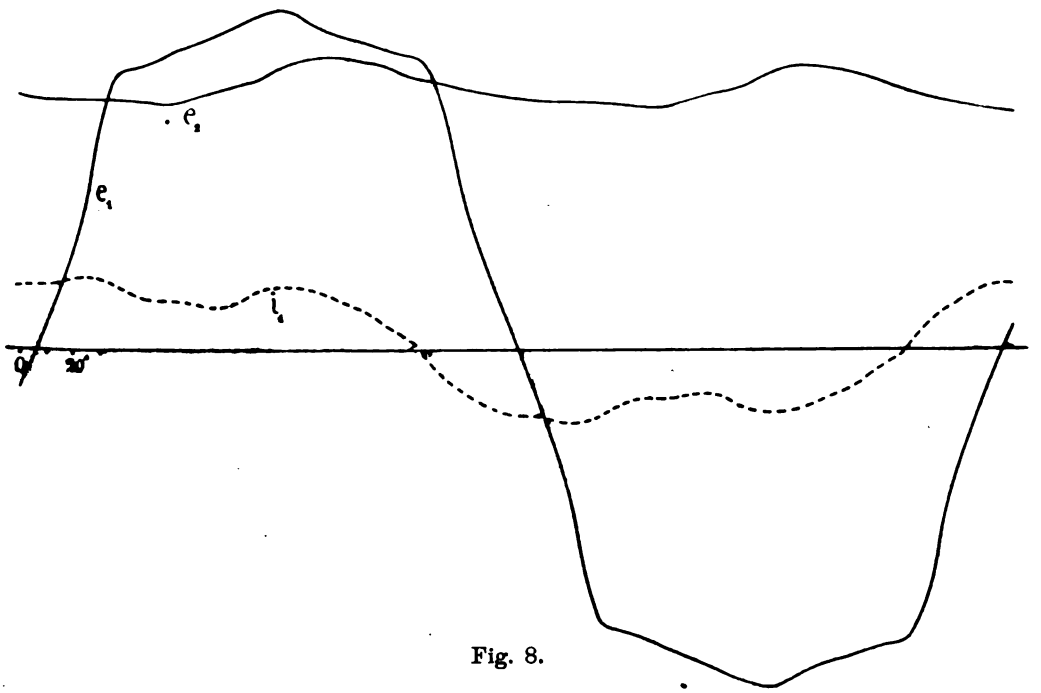


Fig. 8.

la d. di p. secondaria e_2, di valore efficace di poco minore della d. di p. primaria, non è assolutamente costante, ma oscilla tra 109 e 92 volt; notevole il fatto che il suo valore massimo appare alquanto in ritardo rispetto al valore massimo della d. di p. primaria.

Degno di nota è poi l'andamento della corrente primaria a vuoto i_1, di quasi 2 ampere di valore efficace, la quale, come in un condensatore, anticipa di circa 36° rispetto alla d. di p.; inoltre presenta in ciascun semiperiodo due massimi separati da una insenatura.

Digitized by Google

Durante tali esperienze a vuoto ho spesso osservato fenomeni luminosi sotto forma di piccole scintille visibili anche in pieno giorno, che nascevano ad intervalli qua e là sulla faccia superiore e sui bordi dell'elettrodo di alluminio; le scintille tendevano a cessare, non appena il raddrizzatore veniva alquanto caricato; questi fenomeni luminosi furono avvertiti e studiati da diversi autori (1).

La fig. 9 corrisponde ancora al caso del raddrizzatore a vuoto, però con l'aggiunta sul secondario del condensatore elettrolitico indicato con C nella fig. 7, e se ne scorgono a colpo d'occhio gli effetti: la d. di p. secondaria e_2 è notevolmente aumentata arrivando

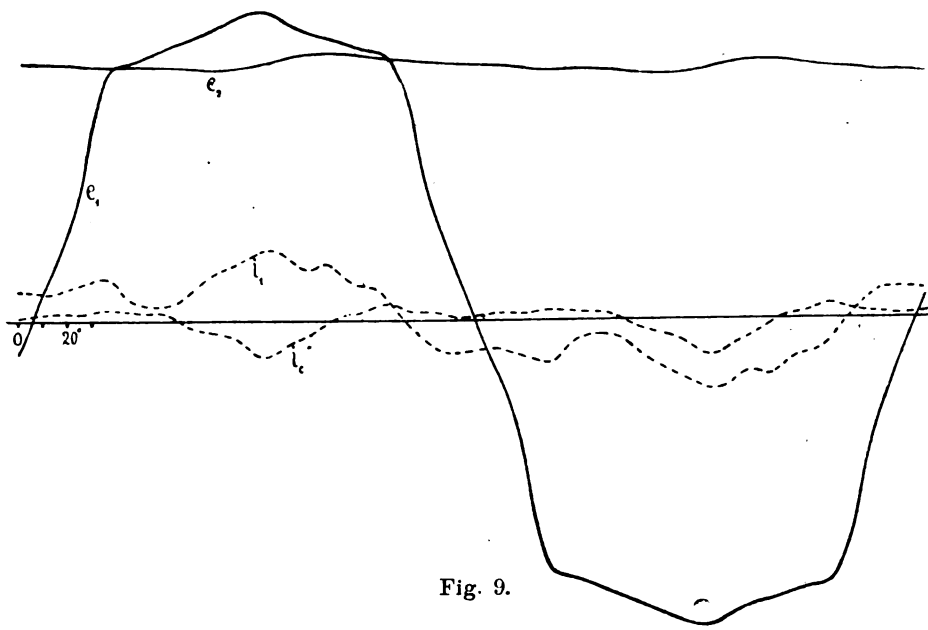


Fig. 9.

circa come valore efficace a 105 volt, le oscillazioni notevolmente attutite in confronto al caso precedente vanno ormai soltanto da 109 a 102 volt. È importante anche di osservare come i valori massimi di e_2 siano in ritardo rispetto a quelli di e_1 e di un angolo notevolmente maggiore che non nel caso precedente. La corrente primaria i_1 supera di pochissimo i 2 ampere essa non anticipa più sulla d. di p. e_1 che di 29°; quest'ultimo fatto, apparentemente strano, si può spiegare rilevando la circostanza che la corrente primaria risulta dalla sovrapposizione della corrente a vuoto di prima e della

(1) Mitkiewicz, loc. cit.; Braun, *Ann. d. phis.*, 1898, LV, pag. 78; Eichberg u. Kallir, *Sitzber. d. W. A.*, 1899, pag. 212.

Digitized by Google

corrente nel condensatore elettrolitico, la quale attraversando tre voltametri invece di due incontra una resistenza maggiore e una capacità minore e la quale a sua volta come ora vedremo, si può considerare risultante di altre due. Nella corrente primaria i_1 risulta quindi alquanto alterato per quanto ancora in parte persistente l'andamento caratteristico prima rilevato.

Per renderci adesso ragione dell'andamento della corrente i_c nel condensatore, bisogna ricordare due circostanze; la prima che la d. di p. e_2, per effetto del raddrizzamento, accusa un'ondulazione la cui frequenza è doppia di quella della f. e. m. del generatore, che era in queste esperienze eguale a 50; la seconda che nel condensatore elettrolitico C sono evidentemente sovrapposte due correnti, una proporzionale alla d. di p. e_2 diretta quindi dall'alluminio verso il piombo, e nel caso considerato quasi costante, l'altra corrente di carica e scarica, nulla quando è nulla la variazione della d. di p. e_2, diretta dal piombo verso l'alluminio quando quella diminuisce, dall'alluminio verso il piombo quando quella cresce, di frequenza quindi doppia anch'essa.

Ad interpretare la curva corrispondente resta ancora da osservare che una corrente nel condensatore elettrolitico, come anche, quando esista, nell'apparecchio di utilizzazione, deve essere considerata negativa, quando attraversa questi apparecchi nel senso alluminio, piombo, perchè nel raddrizzatore stesso va dal punto di potenziale più basso al punto di potenziale più elevato, alluminio. Con ciò, mentre la potenza assorbita dal raddrizzatore risulta, come dev'essere, positiva, la potenza restituita dal raddrizzatore stesso risulta negativa.

La curva della corrente i_c ci conduce anche all'importante conclusione, che la potenza assorbita dal voltometro condensatore è quasi tutta dovuta alla componente continua della corrente, quella cioè che vince la resistenza ohmica e che provvede a mantenere lo strato isolante, la componente alternata è quasi interamente oziosa rispetto alla d. di p. e_2, e la sua intensità efficace dipende dall'entità delle variazioni della d. di p. stessa; la presenza di queste due componenti fu anche controllata ponendo in serie un amperometro di Weston per correnti continue e rilevando in esso una deviazione; così si spiega perchè la potenza assorbita dal condensatore rimanga molto piccola e sensibilmente indipendente dall'intensità della corrente efficace che lo attraversa. Perciò il voltametro può funzionare anche col raddrizzatore carico, senza circolazione d'acqua, senza accusare un sensibile riscaldamento.

Digitized by Google

La figura 10 corrisponde appunto al caso del raddrizzatore sotto carico, però senza la presenza del voltametro ausiliario; colpisce immediatamente in questa figura l'andamento della d. di p. secondaria e_2, cui corrisponde un valore efficace di circa 70 volt, specie confrontandola con la curva di e_2 della fig. 8; l'ordinata massima è notevolmente diminuita, ma quel che più importa, alle piccole oscillazioni di prima ne sono subentrate di enormi da 83 a 4 volt.

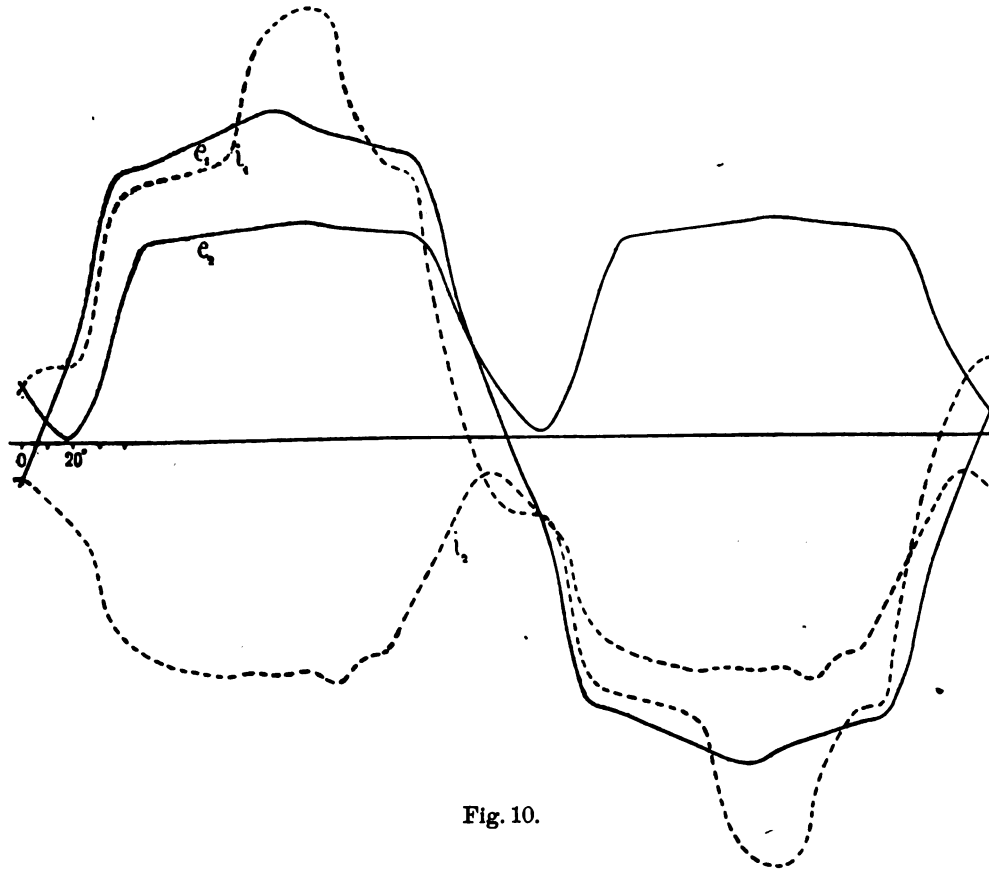


Fig. 10.

Interessante diventa adesso il confronto fra la corrente primaria i_1 e la corrente secondaria i_2, la prima di 12 ampere efficaci, la seconda di 7; la corrente primaria anticipa rispetto alla d. di p. di 15°, questo spostamento di fase va costantemente diminuendo con l'ammontare del carico, ho riscontrato per esempio per una corrente utile di 11 ampere uno spostamento di fase di 10°. Quanto all'andamento delle due curve, mentre la corrente secondaria presenta un andamento, come è naturale data la natura del carico, non dissi-

Digitized by Google

mile da quello della d. di p. secondaria, la corrente primaria presenta un andamento abbastanza analogo a quello della corrente secondaria eccetto per una frazione di ciascun semiperiodo in cui la curva presenta una grossa gobba in corrispondenza alla quale si hanno grossi valori dell'intensità istantanea della corrente. Ho riscontrato questa gobba nell'analoga condizione in tutte le curve che ho costruito, tali gobbe sono evidentemente dovute a correnti che si chiudono

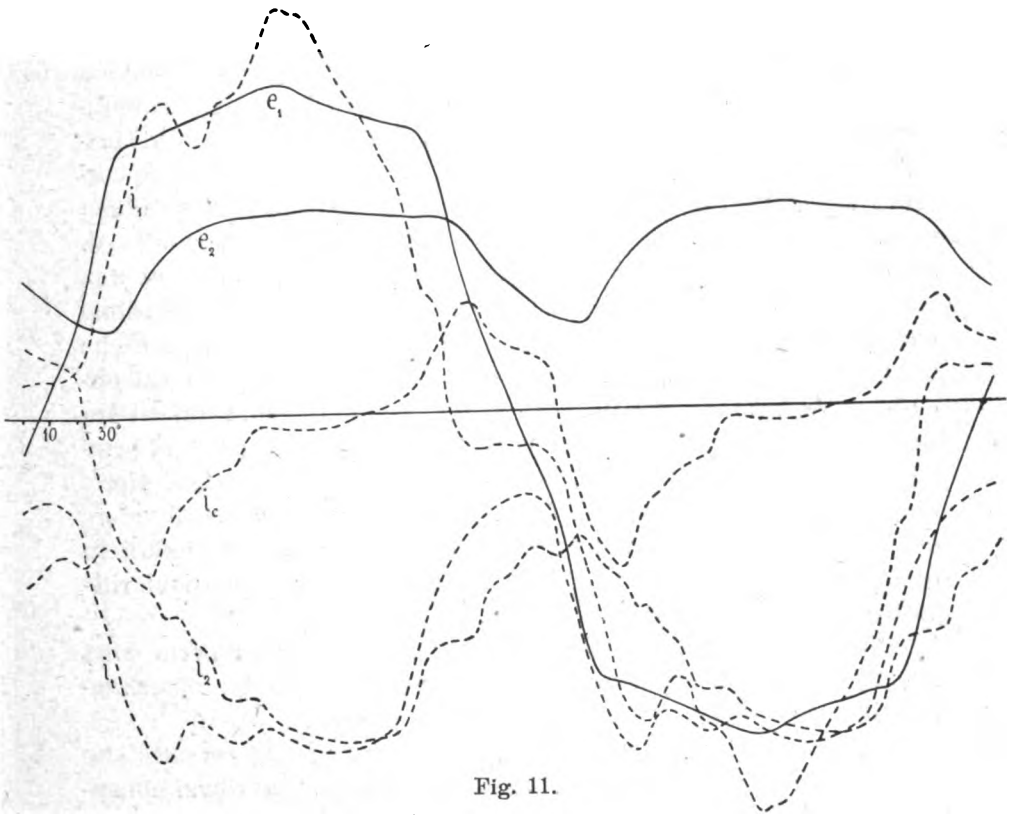


Fig. 11.

all'infuori degli apparecchi di utilizzazione, nel circuito formato dal generatore coi 4 voltametri, e sono incline a ritenere che queste correnti siano quelle tali correnti di carica e scarica che si hanno non appena lo strato isolante è formato nel periodo in cui l'alluminio è anodo, cui ho accennato interpretando l'andamento delle curve della fig. 1.

Se adesso poniamo il condensatore elettrolitico in parallelo, le curve corrispondenti essendo tracciate nella fig. 11, troviamo pure dei risultati che meritano di essere rilevati e posti a confronto con

Digitized by Google

quelli precedentemente ottenuti. Se regoliamo il numero delle lampade in modo da avere circa la medesima corrente utile di prima troviamo che la d. di p. secondaria e_2 ha un valore efficace leggermente superiore che non nel caso precedente circa 72 volt e troviamo soprattutto che le oscillazioni sono notevolmente meno sensibili, i limiti essendo questa volta 78 e 33. Se consideriamo adesso le tre correnti secondarie, cioè la corrente totale i_t di circa 8 ampere efficaci la corrente nel condensatore i_c di circa 3.6 e la corrente utile i_2 di circa 7, troveremo, come naturalmente dev'essere, che la prima è in ogni istante prossimamente eguale alla somma delle due seconde. La corrente utile, eccetto alcune irregolarità, dipendenti probabilmente più che altro dai difetti inerenti al metodo di misura arieggia la curva della d. di p. secondaria; la corrente nel condensatore risulta al solito dalla sovrapposizione d'una corrente continua proporzionale in prima approssimazione alla d. di p. secondaria e diretta dall'alluminio verso il piombo, e di una corrente alternata di doppia frequenza, che non diventa sensibile che quando è sensibile la variazione della d. di p. secondaria e che mostra molto bene come il condensatore elettrolitico agisca sul circuito secondario da volano. La corrente totale oscilla infatti tra limiti molto più lontani che non la corrente utile, e porta al principio del mezzo periodo una piccola gobba che fedelmente si riproduce nella corrente primaria i_1; questa di circa 13 ampere di valore efficace presenta pure un andamento caratteristico, accoppiandosi in essa la gobba ora rilevata con quella di maggiori dimensioni rilevata e studiata nel caso precedente.

Ritengo che bastino questi diagrammi senza aggiungerne altri affatto analoghi per dare un'idea del funzionamento del raddrizzatore dal lato fisico.

Dal punto di vista industriale comincerò con l'osservare che quando iniziai le esperienze su questo raddrizzatore lo trovai abbandonato da qualche mese, dopo che gli ingegneri della Casa Ganz avevano fatto alcune misure sul rendimento; perciò gli elettrodi di alluminio, rimasti lungo tempo in un liquido alcalino, avevano perduto la loro formazione, cosicchè, per rimettere l'apparecchio in stato di funzionamento, rinnovai la soluzione e trattai il raddrizzatore con corrente continua e d. di p. crescente, inserendo in luogo dell'apparecchio di utilizzazione una batteria di accumulatori, in modo che in tutti e quattro i voltametri l'alluminio funzionasse da anodo. Mettendo in funzione a circuito utile aperto il raddrizzatore con la corrente alternata, ho più volte osservato come l'intensità della corrente

Digitized by Google

a vuoto, dapprima abbastanza notevole andasse a mano a mano avvicinandosi a un limite minimo, dimostrando così che era possibile ottenere una formazione degli elettrodi anche con la corrente alternata: a giustificare l'apparente discordanza di questo risultato con quello citato sul principio del § 4, conviene ricordare che in quel caso mancava ogni dispositivo per il raffreddamento, e che era inserito un solo voltametro, la corrente non venendo così ad essere ostacolata che in una sola direzione, mentre adesso ce n'erano sempre due in serie e in opposizione fra loro.

La soluzione del resto fu cambiata due volte nel ciclo di queste esperienze soprattutto per liberare i voltametri dal notevole deposito di idrossido di alluminio, nel quale finivano per affondare completamente entrambi gli elettrodi; a questo deposito corrispondeva una perdita in peso degli elettrodi non indifferente; la perdita in peso per ciascun elettrodo di alluminio relativamente alla durata complessiva delle esperienze raggiunse 3,5 gr., ciascun elettrodo pesando circa 160 gr.

Devo a questo punto rilevare un fenomeno singolare già implicitamente messo in evidenza nei quattro ultimi diagrammi; finchè cioè il circuito di utilizzazione è interrotto, la d. di p. secondaria non ha che oscillazioni relativamente limitate, tanto che, essendo il valore massimo in circostanze favorevoli non troppo discosto dal valore massimo della d. di p. primaria, si può avere, come ora vedremo, il valore efficace o anche il valore medio, che in tali condizioni poco se ne discosta, della d. di p. secondaria anche notevolmente superiore al valore efficace della d. di p. primaria; non appena però è chiuso il circuito di utilizzazione anche con resistenze relativamente elevate, la d. di p. secondaria, come mostra specialmente la fig. 9, cade in certi momenti fin quasi a zero, e con ciò notevolmente discende sia il valore efficace sia il valore medio della d. di p. stessa; aumentando il carico la d. di p. diminuisce ancora, se non altro per la caduta di potenziale ohmica. Ora la grandezza della resistenza, che basta inserire in luogo del circuito di utilizzazione per ottenere questo fenomeno, è molto elevata: così essendo la d. di p. primaria di 105 volt, ho misurato successivamente la d. di p. secondaria con un voltometro elettrostatico multicellulare, con un voltometro di Weston e con un voltometro a filo caldo, cioè inserendo tra i morsetti secondari una resistenza praticamente infinita, una di 2500 e una di 1000 ohm circa, ed ho ottenuto in corrispondenza 109, 107 e 104, 5 volt.

Gli ingegneri del riparto mi assicurarono di aver trovato, limi-

Digitized by Google

tatamente al confronto tra lo strumento Weston e lo strumento a filo caldo, differenze anche maggiori non appena l'apparecchio era arrivato alla fabbrica.

Volli allora anche indagare, come si comportasse questo fenomeno al variare della d. di p. primaria; il risultato è dato nella seguente tabella, la d. di p. primaria essendo misurata con un voltometro a filo caldo, la secondaria con un voltometro elettrostatico multicellulare, entrambi i valori essendo quindi efficaci.

D. di p. primaria	D. di p. secondaria	D. di p. primaria	D. di p. secondaria
70,0	69,0	101,0	102,5
73,9	73,0	102,5	104,5
76,0	75,4	103,5	106,3
81,2	80,7	104,5	108,0
91,5	90,5	106,0	110,0
96,0	96,0	108,0	114,0
99,2	99,5	112,0	117,0

Queste misure mostrano come la d. di p. secondaria non divenga come valore efficace maggiore della primaria, che quando la d. di p. primaria ha superato un certo valore minimo nel caso della tabella eguale a 96 volt.

Una ulteriore ricerca, che poteva avere un qualche interesse, fu quella di stabilire in funzione ancora della d. di p. primaria il comportamento del raddrizzatore a vuoto, i risultati di questo studio sono graficamente esposti nella fig. 12 nella quale, in funzione appunto della d. di p. primaria assunta come ascissa, è rappresentato l'andamento della d. di p. secondaria e_2 misurata questa volta con un voltometro a filo caldo, della corrente a vuoto i, del prodotto dei volt per gli ampère cioè della potenza apparente p' della potenza p misurata mediante il wattometro, e del fattore di potenza $\cos \varphi$. Specialmente notevole in questa misura è l'andamento rettilineo, almeno nei limiti della esperienza, della d. di p. e_2 e la grandezza sensibilmente costante del fattore di potenza $\cos \varphi$, che nell'ambito delle misure eseguite cresce da 0,69 a 0,71.

La mia attenzione fu però in questo campo principalmente rivolta a determinare del raddrizzatore quei diagrammi, che meglio valessero a determinare un giudizio spassionato della sua importanza industriale, e dei quali la letteratura sui raddrizzatori elettrolitici,

Digitized by Google

che ho avuto occasione di citare, manca completamente: dei risultati di queste ricerche, più volte ripetute e confrontate, scelgo due serie complete, le quali nella rappresentazione grafica, che ho adottato, lasciano a stento supporre il grave lavoro sperimentale e analitico, che hanno richiesto.

Entrambi si riferiscono a una d. di p. primaria di 105 volt, e a un carico utile variabile da 0 a 20 ampère; ciascuna curva, di quelle determinate sperimentalmente, è stata determinata almeno in 20 punti, una metà aumentando il carico fino al valore massimo, una metà diminuendolo; questo fatto non importando tra i valori otte-

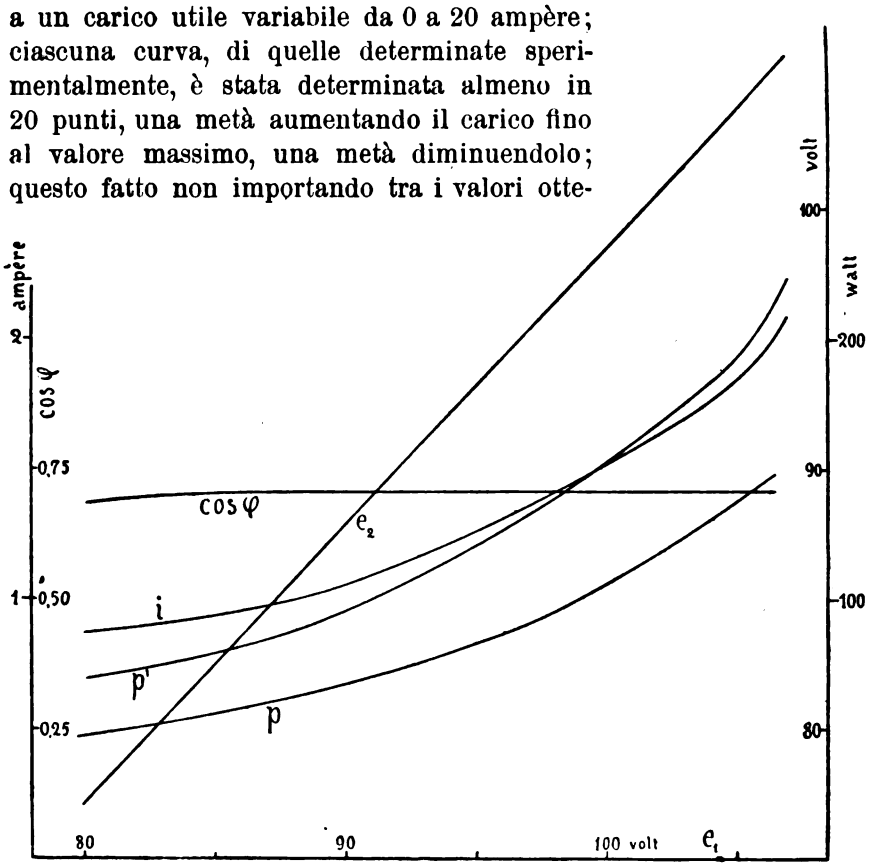


Fig. 12.

nuti nel primo periodo e quelli ottenuti nel secondo, una differenza così netta da poter essere rilevata per trarne qualche utile conclusione; ciò si deve probabilmente all'energico raffreddamento, che impediva all'elettrolita di superare di molto i 30°. Durante queste misure fu riconosciuto, come era prevedibile, data la natura del carico, che la potenza assorbita dal circuito di utilizzazione, misurata dai volt efficaci per gli ampère efficaci, era sensibilmente uguale a quella misurata col wattometro.

Digitized by Google

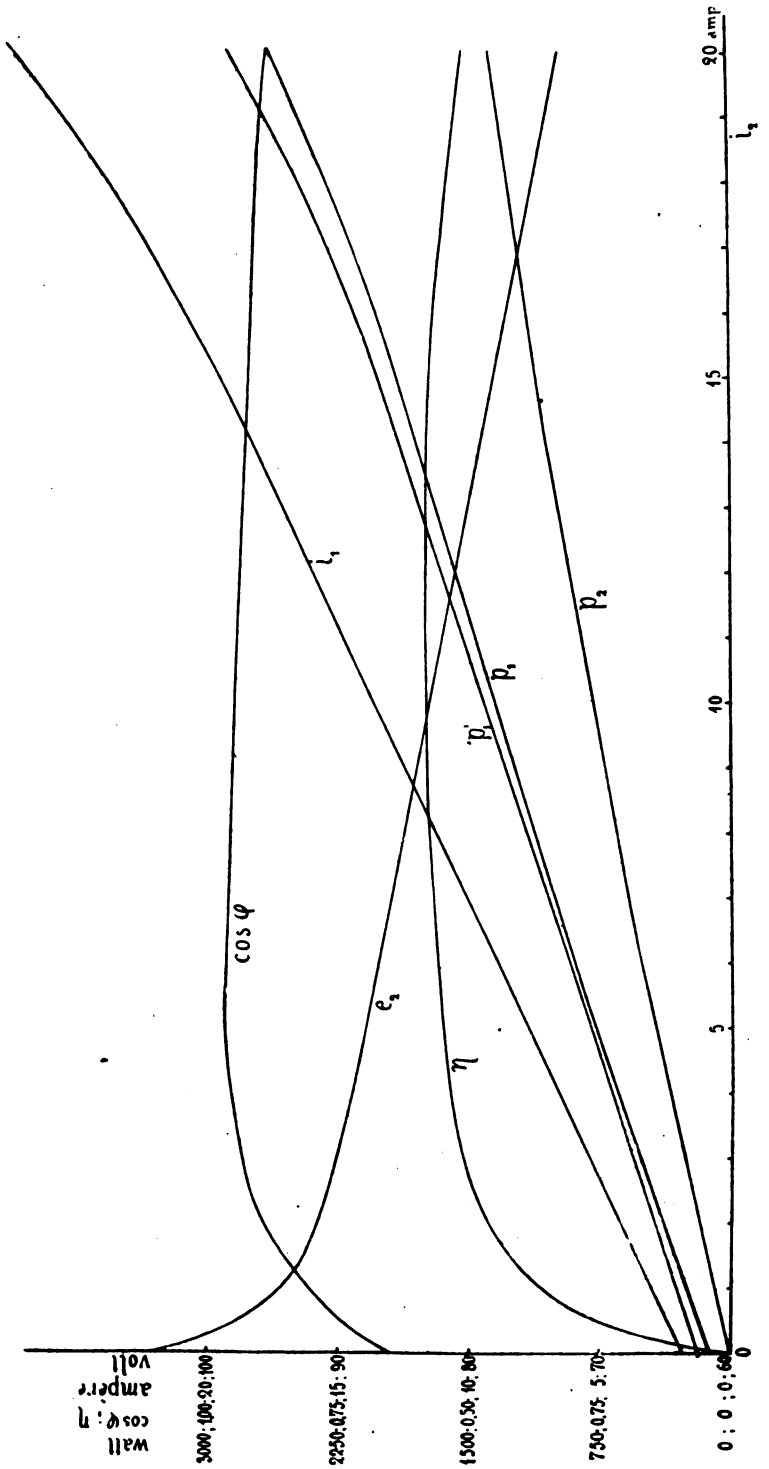


Fig. 18.

Digitized by Google

La fig. 13 corrisponde al funzionamento del raddrizzatore su carico di lampade a incandescenza, senza condensatore elettrolitico in parallelo, tutte le curve in questa come nella seguente figura avendo per ascisse la corrente utile. Non può ormai recar meraviglia, dopo quanto ho avuto occasione di esporre, l'andamento della d. di p. secondaria e_2, dapprima rapidamente decrescente, poi più lentamente, poi secondo una retta. Le curve della corrente primaria i_1 e della potenza primaria apparente p'_1, e reale p_1 sono sensibilmente delle rette almeno nel primo tratto; così pure è quasi una retta la curva della potenza secondaria p_2. Il fattore di potenza $cos\ \varphi$ da un minimo di circa 0,7 a circuito aperto, sale abbastanza rapidamente a un valore massimo di ben 0,97 per poi scendere lentamente a 0,91. Il rendimento η sale benchè sempre più lentamente fino a sfiorare il 60 per cento per poi scendere a poco a poco al 54 per cento; in complesso il rendimento è anche per grosse variazioni di carico sensibilmente costante.

La fig. 14 finalmente si riferisce al caso del raddrizzatore munito in parallelo al circuito di utilizzazione della capacità elettrolitica ausiliaria, ed è qui interessante, oltre che considerare le singole curve per sè, anche di confrontarle con le curve corrispondenti del caso precedente. Così la curva della d. di p. secondaria e_2 è, nel primo tratto, sensibilmente più elevata che non prima, pure arrivando verso il carico massimo presso a poco al medesimo valore. Le curve della corrente primaria i_1 e della potenza primaria apparente p'_1 e reale p_1 sono ancora delle rette, però maggiormente inclinate che non prima rispetto all'asse delle ascisse; la curva della potenza secondaria accusa da principio potenze maggiori poi all'incirca eguali a quelle del caso precedente, ciò dipendendo naturalmente dal diverso comportamento della d. di p. secondaria. La curva del fattore di potenza $cos\ \varphi$ è quasi una retta parallela all'asse delle ascisse, con una ordinata media di 0,9. Il rendimento sale più rapidamente al suo valore massimo, che non nel caso precedente, non raggiunge però il 54 per cento e scende quindi lentamente al 50 per cento a carico massimo. Notevole, ma non più inesplicabile, dopo le considerazioni svolte, è il comportamento della corrente nel condensatore elettrolitico i_c, essa aumenta infatti da principio soprattutto per il crescere delle oscillazioni della d. di p. secondaria, ma rimane poi lungamente costante, quando cioè l'entità di queste oscillazioni non può ulteriormente aumentare, e certamente con carico maggiore tende di nuovo a decrescere, decrescendo oltre un certo limite col valore istantaneo massimo della d. di p. secondaria anche l'ampiezza

Digitized by Google

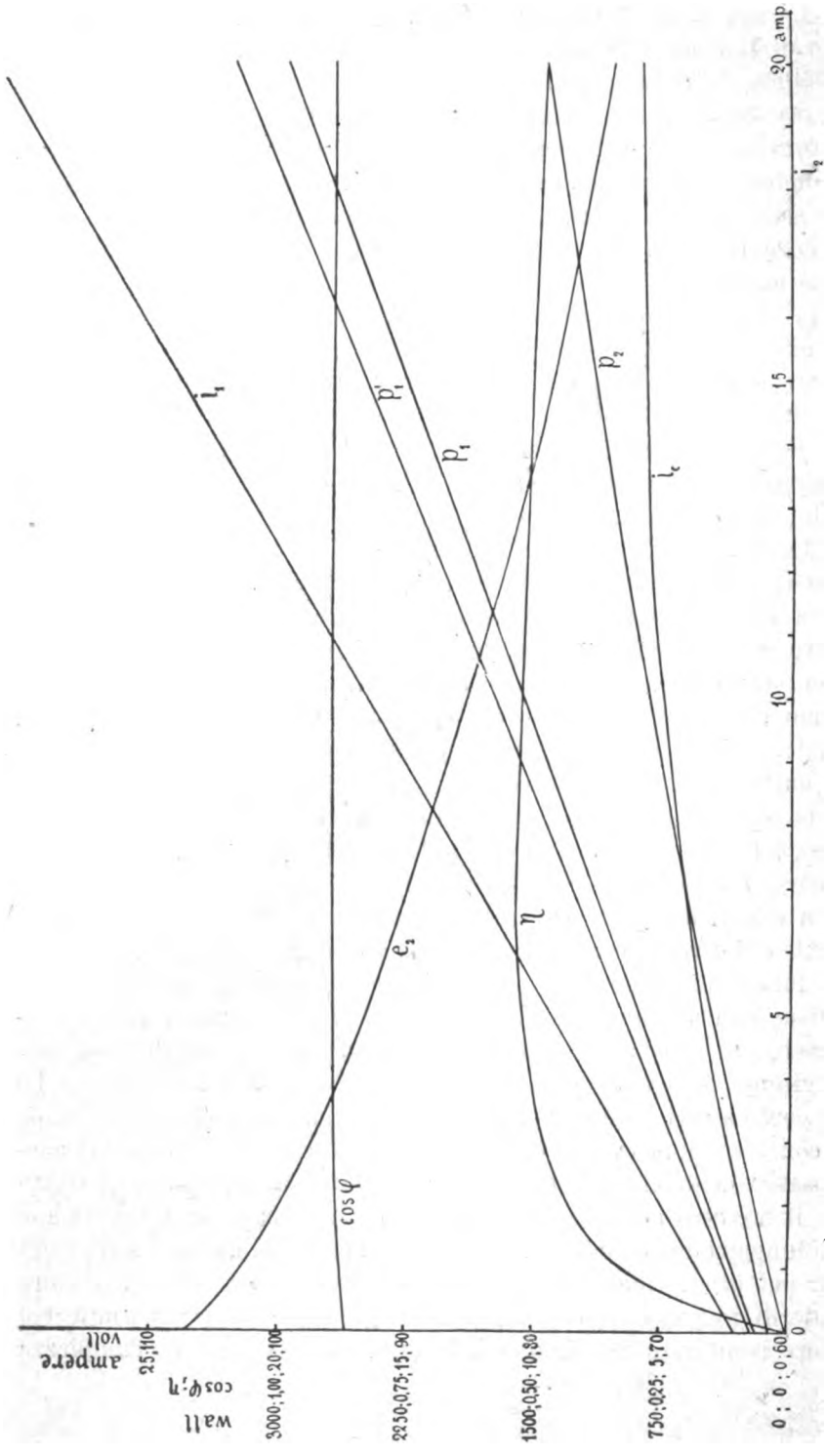


Fig. 14.

Digitized by Google

delle oscillazioni. Quanto alla corrente totale erogata dal raddrizzatore essa, come è facile comprendere, è molto minore della somma aritmetica dei due valori efficaci.

Per poter giudicare finalmente l'apparecchio per ciò che riguarda la regolarità e la sicurezza di funzionamento, l'ho mantenuto sotto un carico di circa 11 ampère per tre ore; delle misure eseguite di 10 in 10 minuti, avendo esse un andamento affatto regolare, do soltanto la prima e l'ultima:

D. di p. primaria	Corrente primaria	Potenza primaria	D. di p. secondaria	Corrente secondaria
100 v	14,25 a	1368 w	59 v	10,6 a
100	15,70	1505	60	10,8

La temperatura da 22° salì rapidamente dapprima, poi sempre più lentamente fino a 34.5; quando interruppi l'esperienza il raddrizzatore sarebbe stato in grado di funzionare ulteriormente, però essendo stata l'ultima delle esperienze eseguite, con pessimo rendimento. Devo infatti ricordare la circostanza che il rendimento del raddrizzatore è andato costantemente diminuendo, le prime misure eseguite dagli ingegneri del riparto dettero valori prossimi al 70 per cento, le mie raggiunsero e superarono in principio il 60 per cento, poi caddero sempre più in basso, anche rinnovando l'elettrolita; in misure eseguite da altri dopo la mia partenza furono trovati anche valori più sfavorevoli. Conviene inoltre notare che il rendimento è anche funzione della d. di p. primaria, ed è maggiore così per 105 che non per 100 volt primari.

7. — Quali conclusioni possiamo trarre dai fatti raccolti? Per ciò che riguarda la natura fisico-chimica dei fenomeni, che si presentano nei raddrizzatori elettrolitici, la questione è ancora aperta, e la ragione sta nel fatto, che probabilmente tutte le ipotesi avanzate hanno un fondamento di verità, nel senso che ora l'una ora l'altra, a seconda delle circostanze, ora magari tutte insieme, ma in proporzioni molto diverse, sono effettivamente realizzate.

Considerata come certa la presenza e la natura dello strato isolante specialmente per merito del Norden (1), l'assimilare, come fa il Mitkiewicz (2), il comportamento del voltametro ad alluminio con

(1) Loc. cit.
(2) Loc. cit.

Digitized by Google

quello dell'interruttore di Wehnelt, è un'ipotesi ingegnosa, ma che può forse corrispondere alla realtà soltanto finchè le scintille realmente sono avvertite, mentre questo fenomeno non accompagna sempre, almeno in maniera visibile, il raddrizzamento di una corrente alternata per questa via, senza dire che anche quando esse compaiono, non è facile metter d'accordo la teoria di questo autore col fatto sperimentalmente verificato dal Braun (1), che le scintille si presentano regolarmente nell'istante in cui l'alluminio è catodo.

Restano in campo le due ipotesi della capacità elettrolitica e della capacità dielettrica, ed è certamente molto difficile distinguere tra queste due la vera, poichè entrambi possono dare, specie con la corrente alternata, fenomeni molto analoghi. La presenza di una polarizzazione elettrolitica non credo si possa mettere in dubbio, il fatto di un'elettrolisi ne è la prova; la circostanza posta in rilievo dal Mengarini è già accennata al § 3, che quest'elettrolisi fra elettrodi di alluminio con correnti alternate si produce anche con frequenze così elevate, per cui per elettrodi di altra natura, l'elettrolisi non si verifica, ci avverte però che la polarizzazione minima, oltre la quale si presenta l'elettrolisi, dev'essere molto bassa, senza escludere che di questo fatto non si possa anche dare un'altra spiegazione riflettente il valore della capacità elettrolitica del voltametro. Ma a parte anche questo, ripugna non la presenza d'una f. e. m. di polarizzazione, ma di una f. e. m. di polarizzazione così elevata, e che non si verifica per giunta che nel caso singolare di questi voltametri; altra circostanza che non depone in favore di questa ipotesi è l'enorme influenza della natura dell'elettrolita sulla grandezza di questa f. c. e m. (2). Concludendo essa non ha probabilmente nel comportamento dell'anodo di alluminio che una parte secondaria.

A tali obbiezioni non va incontro l'ipotesi della capacità dielettrica, con la quale, o meglio con la rapida formazione di uno strato di alta resistenza specifica e di piccolo spessore, funzionante dapprincipio prevalentemente da resistenza ohmica in seguito prevalentemente da dielettrico, si spiegano in maniera plausibile, sia, come abbiamo visto, i fenomeni annoverati al § 4, sia, come è facile riconoscere, i fenomeni messi in rilievo nel § 6. A piccola densità di corrente, abbiamo esile spessore dello strato e quindi grande capacità e grosse correnti di carica e scarica; è il funzionamento del condensatore elettrolitico ausiliario. Per raddrizzare invece la corrente

(1) Loc. cit.

(2) Taylor a. Jnglis, *Phil. May.*, 1903, pag. 301.

Digitized by Google

una capacità eccessiva non è favorevole, perchè, come mostra la fig. 1ª, è troppo grande la corrente di carica diretta dall'alluminio verso il piombo, conviene allora, come l'esperienza concordemente dimostra, una densità di corrente maggiore, e a questo modo una grande resistenza, con una minore capacità; funzionando però a lungo il raddrizzatore, gli elettrodi di alluminio perdono la levigatezza primitiva diventando finamente rugosi e porosi; aumenta perciò la superficie utile, diminuisce in conseguenza la densità di corrente a parità di carico, le correnti di carica e scarica divengono sempre più notevoli, cessa l'efficacia del raddrizzatore, e, aumentate le perdite per calore di Joule, e forse l'assorbimento di energia per le reazioni chimiche, il rendimento rapidamente precipita. La rapidità, con cui le reazioni chimiche inerenti alla formazione ed al distacco dello strato avvengono, è confermata dall'esperienza, e non può recare quindi stupore; si comprende anche come queste reazioni chimiche possano essere fortemente favorite, ritardate o impedite addirittura dalla natura dell'elettrolita, e come una forte influenza e dannosa debba avere lo aumento di temperatura, che li si presenta, episodio singolo di una legge generale, laddove si ha, sia pure ad intermittenza una grande caduta di potenziale cioè alla superficie dell'elettrodo di alluminio.

Con questa ipotesi resta perfettamente spiegato il fatto, che basta inserire una resistenza anche relativamente molto elevata tra i morsetti secondari, per permettere ai voltametri di scaricarsi rapidamente, per rendere quindi subito sensibilissime le ondulazioni della d. di p. secondaria, e per farne quindi rapidamente discendere il valore efficace o medio.

I fatti raccolti permettono finalmente di dedurre qualche conclusione utile anche per il lato pratico del problema. Mentre la scelta del secondo elettrodo, piombo, carbone, o ferro, non ha importanza che dal punto di vista costruttivo, grande è l'importanza della scelta di una conveniente soluzione, la quale deve favorire la formazione dell'ossido, nel tempo stesso non deve attaccare spontaneamente l'alluminio; perciò è stato abbandonato l'impiego dei cloruri e dell'acido solforico, ed è stato invece principalmente tentato l'uso di cromati, e di fosfati di sodio di potassio, e di ammonio e l'uso del bicarbonato di sodio: lo scopo però di risparmiare l'elettrodo di alluminio durante il riposo del raddrizzatore non è stato a quanto pare, pienamente raggiunto, tanto che qualche costruttore suggerisce addirittura di vuotare i voltametri, quando l'apparecchio non funziona, operazione che già per sè non depone in favore dell'uso pratico del raddrizzatore. È poi da osservare, che anche trovata la soluzione più conve-

Digitized by Google

niente, non è per questo tolto l'inconveniente del consumo dell'elettrodo di alluminio, lo strato isolante dovendo ad ogni modo rinnovarsi in ciascun periodo, e per la sua natura a spese dell'alluminio stesso.

Un grave nemico hanno poi i raddrizzatori nell'aumento di temperatura dell'elettrodo di alluminio, aumento di temperatura, che peggiora il funzionamento generale dell'apparecchio, che favorisce la distruzione dell'elettrodo, e che difficilmente può essere combattuto, non tanto nell'elettrolita, quanto nella propria sua sede, secondo il cammino indicato dal Nodon (1), costituendo cioè l'elettrodo di alluminio a tubo, e soffiandovi dentro una violenta corrente d'aria.

La grande caduta di potenziale secondaria in funzione del carico e l'esiguità del rendimento, che tende per giunta sempre a peggiorare, sono altri due gravi inconvenienti del raddrizzatore elettrolitico.

Altro guaio la necessità di liberare ogni tanto il voltametro dal deposito, che si forma di idrossido di alluminio.

Qualche vantaggio, è giustizia ricordarlo, c'è pure: la mancanza di organi meccanici mobili, offre effettivamente una notevole sicurezza di funzionamento, ed io non ho mai avuto a lamentare durante tutta la durata delle esperienze, interruzioni o corti circuiti; inoltre il raddrizzatore a vuoti non consuma che una potenza relativamente piccola, e soprattutto, sia a vuoto che in carico, reagisce sulla rete come un condensatore o un motore sincrono sovraeccitato.

Naturalmente le conclusioni, cui sono arrivato, si riferiscono principalmente al raddrizzatore di Grisson, che ho avuto occasione di studiare, si comprende però che molte di esse possono avere un valore più generale.

Riassumendo, ritengo che se il raddrizzatore elettrolitico può essere oggetto di ricerche sperimentali e di deduzioni scientifiche interessanti, è, almeno per ora, di un'applicabilità pratica piuttosto dubbiosa.

(1) Loc. cit.

Digitized by Google

N. 19.

SUI FENOMENI TEMPORALESCHI NEGLI IMPIANTI ELETTRICI

RELAZIONE

dell' **Ing. G. SEMENZA,** *segretario della Sezione di Milano*
nella Seduta del 29 aprile 1904.

Nella primavera del 1903, la Sezione milanese dell'A. E. I. diramava una circolare agli esercenti di impianti elettrici, invitandoli a contribuire ad una raccolta di dati statistici sui fenomeni temporaleschi, con l'invio di notizie ed osservazioni relative ai propri impianti.

Degli interpellati, moltissimi risposero plaudendo all'idea, e a questi vennero inviati appositi moduli stampati.

Durante la stagione estiva, ed anche autunnale, pervennero alla Sezione 60 di tali moduli, spediti però da sole 23 Società; numero esiguo invero, di fronte al numero di esercenti imprese elettriche esistenti in Italia.

Questo risultato, non troppo brillante, della prima annata, è però dovuto in parte al fatto che l'estate scorsa fu eccezionalmente calma e il numero di temporali assai minore del normale; inoltre, pochi sono quegli esercenti che, senza aver constatato i risultati pratici di un'iniziativa simile, si decidono a cooperarvi.

Le deduzioni che si possono trarre dal poco materiale raccolto, sono dunque di minore interesse di quanto ci eravamo ripromesso. Tuttavia, qualche considerazione, qualche cifra e qualche fatto meritano di essere menzionati.

*
* *

Le giornate temporalesche segnalate sono 32, comprese fra il 13 aprile ed il 30 ottobre. In queste abbiamo in tutto 58 temporali, geograficamente così distribuiti:

Impianti Milano-Paderno	17	Monza	5
Crespi e Capriate d'Adda	4	Vizzola	1
Tornavento	1	Borgomanero	2
Vigevano	1	Ferrera	1
Maccagno	2	Rongio (Lecco)	2
Morbegno	1	Chiuro	1
Biella	1	Cherasco	2
Alpignano	3	Pont St.-Martin	7
Caina	2	Bitonto	2
Bisceglie	1	Spiez	2

Digitized by Google

Il fatto di avere 58 temporali in 32 giornate indica che parecchi furono contemporanei ed abbiano appunto le seguenti coincidenze:

11 e 31 maggio	temporali	in 5	località
24 aprile	»	4	»
13 e 30 maggio, e 15 agosto .	»	3	»
13 aprile e 26 maggio . . .			
5, 16 e 30 giugno.	»	2	»
5, 19 luglio e 16 ottobre . .			
le restanti giornate	in una sola		»

È interessante esaminare quale, nelle giornate e temporali multipli, fosse l'estensione del temporale stesso: e intanto riassumeremo i caratteri delle singole perturbazioni:

13 aprile. — Si ha il primo temporale dell'anno, segnalato nella zona Monza-Paderno; è di carattere leggero.

24 aprile. — Temporale esteso sulla zona compresa fra la linea Paderno-Milano e Vigevano; è di carattare abbastanza intenso.

11 maggio. — Temporale assai intenso ed esteso su tutta la zona dell'impianto di Vizzola e di quella Paderno-Milano, che inizia una serie di perturbazioni successive; infatti il 12 è segnalato un violento temporale a Crespi d'Adda, senza che gli altri impianti della regione ne risentano; il 13, un altro pure intenso a Milano e a Monza; e a Monza e a Milano un altro ancora il 15 maggio.

Segue un periodo di calma, poi il 25 maggio si ha una perturbazione violenta che è segnalata a Cherasco, alle ore 17, e a Borgomanero alle 22.

Il 30 e 31 segue poi una serie di temporali più estesa e complessa. Infatti, il 30 viene segnalato alla sera un temporale intensissimo a Rongio (Lecco) e a Morbegno, e nella notte, pure intenso, a Spiez (sul lago di Thun) e più leggero a Pont St.-Martin; la sera del 31 la stessa perturbazione si ripete, comprendendo, oltre Pont St.-Martin e Spiez, anche Milano e la Brianza.

Il 3 giugno è segnalato un temporale a Pont St.-Martin e ad Alpignano, quindi probabilmente esteso a buona parte del Piemonte.

Si hanno fatti isolati il 7 e il 13, e poi il 16 giugno dev'esservi stata una perturbazione assai estesa, perchè è segnalata alle ore 15 a Tornavento e alle ore 18 a Pont St.-Martin.

Il 30 giugno Biella e Pont St.-Martin avvisano un temporale intenso.

Digitized by Google

Dal 3 al 7 luglio segue una serie di temporali più o meno importanti a Lecco, Paderno e Capriate d'Adda, e poi nulla di notevole, salvo casi isolati, fin verso il 14-15 agosto; in questi giorni si ha un primo temporale a Paderno, poi uno contemporaneamente a Paderno, Borgomanero e Pont St.-Martin.

Seguono poi alcuni casi singoli, e ultimi sono segnalati dei temporali avvenuti in ottobre a Bisceglie e Bitonto.

Questi pochi cenni mostrano come spesso i temporali siano assai estesi, e se invece di poche osservazioni se ne avessero avute molte, sarebbe stato assai interessante il vedere se in molti casi di due o più temporali contemporanei, si trattasse di centri isolati o di fenomeni estesi e continui.

Queste considerazioni hanno invero più a che fare con la meteorologia che con l'elettrotecnica; non dobbiamo però dimenticare che una conoscenza più perfetta delle consuetudini temporalesche delle diverse regioni, ciò che potrebbe chiamarsi il conoscere il nemico contro cui si ha a combattere, sarebbe di grande aiuto alla elettrotecnica.

*
* *

Riassumiamo rapidamente i principali fatti ed accidenti segnalati.

Abbiamo fortunatamente a registrare molte scariche innocue, e forse quelle segnalate sono in minor numero delle effettive, perchè, probabilmente, molti non hanno creduto di mandare i rapporti, quando nulla di notevole era accaduto.

Risulta che in molte linee, munite di scaricatori ad arco aperto (Siemens ed A. E. G.), frequentemente fondono la valvola, per la corrente eccessiva richiesta all'atto della scarica.

In uno degli impianti protetti da semplici scaricatori a corna, durante un solo temporale fusero 25 valvole, quantunque per molto tempo l'impianto venisse per prudenza staccato.

Anche in un impianto moderno, in cui alle valvole sono sostituiti interruttori automatici, le scariche dei parafulmini a corna determinarono lo scatto degli interruttori stessi.

A questo proposito notiamo che in un impianto dove tali parafulmini sono sussidiati da resistenze liquide ciò non avviene; nella centrale sono installati degli indicatori di terra, e le scariche sono nettamente segnalate da un'indicazione di terra. Ciò tenderebbe a provare l'efficacia di tali resistenze.

Un fenomeno che è alquanto allarmante, è quello del prodursi spontaneamente di archi fra i fili di linee ad alta tensione. Si com-

Digitized by Google

prende come ciò possa avvenire, quando si pensi che, data nella linea una perturbazione di carattere oscillatorio, che dia luogo ad onde stazionarie, è assai verosimile che nei diversi fili le fasi delle oscillazioni non si corrispondano; ciò può dar luogo in alcuni punti a elevatissime differenze di potenziale fra i fili stessi. Prova di ciò potrebbe essere che, in uno dei casi segnalatici, la linea è munita di scaricatori ad ogni 4 o 5 km., e che in due altri casi, una simile scarica avvenne a poche centinaia di metri dagli scaricatori. È una forma di scarica allarmante, giacchè non si vede bene il modo di prevenirla.

I casi di isolatori spaccati dalle scariche sono tre: in uno di essi il filo venne fuso all'appoggio, e cadde sugli altri, arrestando il servizio.

In un impianto del Piemonte è avvenuta, durante un temporale, la fulminazione di 10 pali in legno sopportanti la linea. Di questi pali alcuni furono completamente spaccati, altri lo furono soltanto in parte, altri leggermente scheggiati; ma è notevole che essi non sono posti di seguito fra di loro, ma scaglionati su circa un km. di linea e inframezzati da pali rimasti intatti.

Anche in un altro impianto 10 pali furono colpiti da una sola scarica, ma sono tutti uno di seguito all'altro.

*
* *

Gli accidenti interni all'officina si dividono in due categorie: la prima, quella della bruciatura di bobine di alternatori e trasformatori, di cui sono segnalati 6 casi, e la seconda, più interessante, delle scariche che avvengono fra gli apparecchi dei quadri.

Ecco i principali:

In un'officina protetta da parafulmini Wurtz, una scarica distrusse due voltmetri elettrostatici indicatori di terra, la tensione di linea essendo di 6000 volt.

In un'officina di trasformatori da 13,000 a 3600 volt, i trasformatori sono allineati in modo che tra i fili primari dell'uno ed i secondari dell'altro vi sono circa 20 centimetri.

Durante un temporale una scarica disruppe in tale spazio d'aria, dando luogo ad un corto circuito violento, che fuse e mandò in pezzi le valvole.

È da notarsi che in questo caso, ambedue le linee erano aeree, e che la primaria era protetta da parafulmini Wurtz, la secondaria da parafulmini Siemens.

Digitized by Google

In un'altra officina a 6000 volt, protetta da scaricatori Wurtz, si ebbe una scarica tra i fili ad alta tensione ed un reostato di eccitazione.

Un caso più interessante si verificò in una centrale, protetta da parafulmini Siemens a corna, Allgemeine, Alioth elettromagnetici, Wurtz e Gola. Ebbene, quantunque tale protezione dovesse essere perfetta, si ebbe un arco sul quadro che disruppe fra due conduttori distanti 180 mm. fra loro.

***

Frequentissimo è nei rapporti l'accenno a scariche sulle linee telefoniche, poste sui pali stessi della condottura; scariche spesso innocue, ma talvolta energiche e tali da bruciare apparecchi, e interrompere, nei momenti in cui sono più necessarie, le comunicazioni. Tali scariche appaiono molto più intense di quelle che si hanno sulle ordinarie linee telefoniche e telegrafiche, e si può forse riscontrare la ragione nel fatto del loro parallelismo con le linee di trasmissione. Nei fili relativamente grossi delle linee principali e protette da scaricatori per alta tensione, le perturbazioni di carattere oscillatorio possono assumere proporzioni importanti, senza dar luogo a scariche nei parafulmini; è verosimile che queste correnti oscillatorie possano aver l'effetto di rafforzare per induzione le perturbazioni proprie dei fili telefonici.

Di conseguenza, i parafulmini dei telefoni per servizio di linee ad alta tensione, devono essere di un tipo più serio e resistente, di quelli usati sulle linee telefoniche ordinarie.

***

Un caso interessante è avvenuto in un'officina in cui, per precauzione, era stato interrotto il servizio durante il temporale. Una scarica disruppe fra un morsetto appartenente alla linea ed uno appartenente alla distribuzione a bassa tensione dell'officina. Gli effetti sugl'impianti di luce furono disastrosi: i fili bruciati, gl'interruttori fusi e strappati dal muro. Particolare notevole: vennero fusi insieme i cilindri degli scaricatori Wurtz della linea ad alta tensione.

Sono frequenti, durante i temporali, i casi di scariche generali su reti aeree di distribuzione a bassa tensione, sul quale fatto è opportuno di richiamare l'attenzione. Ognuno può comprendere la gravità che tali scariche possono assumere, dato che per mezzo dei conduttori penetrano nell'interno di tutte le abitazioni, dove nulla è previsto per prevenirle. Fortunatamente, nei casi segnalati, non

Digitized by Google

si ebbero a lamentare vittime, tuttavia non deve sfuggire l'importanza che è necessario dare alla protezione delle linee secondarie, importanza che non è generalmente riconosciuta.

*
* *

Come era naturale, una speciale attenzione potè esser dedicata agli impianti di Milano, dove ha sede la Sezione, e si è infatti tentato qualche ricerca speciale.

Uno dei punti su cui si discute spesso, è se i fili superiori delle linee siano maggiormente colpiti degli altri.

Nei rapporti giunti nel 1903 da altri impianti, vi è qua e là qualche accenno alla frequenza delle scariche dei diversi fili.

Così, un rapporto dell'officina di Morbegno dice: che durante un temporale il getto liquido degli scaricatori a zampillo, corrispondente al filo più alto, diveniva luminoso ad ogni lampo, mentre soltanto rare volte si vedevano luminosi gli altri.

Anche Maccagno segnala una tendenza di una linea non ancora in servizio, dove quindi ogni filo è metallicamente separato dagli altri, a dar scariche sul filo superiore.

Pont St.-Martin, che fu uno dei più diligenti nell'invio dei rapporti, segnala qualche volta numerose scariche sui fili più alti, alle volte su tutti i fili indistintamente, qualche volta sui fili più bassi.

Un rapporto di Carrara, infine, dice: « Ebbimo ad osservare, « tanto durante questo temporale che di altri, che le scariche avven- « gono di preferenza sul filo più basso ».

Allo scopo di registrare le scariche con maggior precisione, si è adottato nell'officina di « P. Volta » e di Sesto San Giovanni, della Società Edison il metodo seguente:

Nell'ultimo spazio d'aria verso terra degli scaricatori Wurtz, si introduce un cartoncino, portante nella sua parte centrale un diaframma di carta velina. Dopo ciascun temporale, questi cartoncini vengono ritirati ed accuratamente elencati e datati. Si ottengono così dei documenti autentici.

L'annata 1903 fu oltremodo benigna per la linea Paderno-Milano, quindi il numero di registrazioni piuttosto limitato; tuttavia è interessante vedere come si distribuiscono le scariche.

Ricordiamo che la linea si compone di due pali, portanti ciascuno 9 fili.

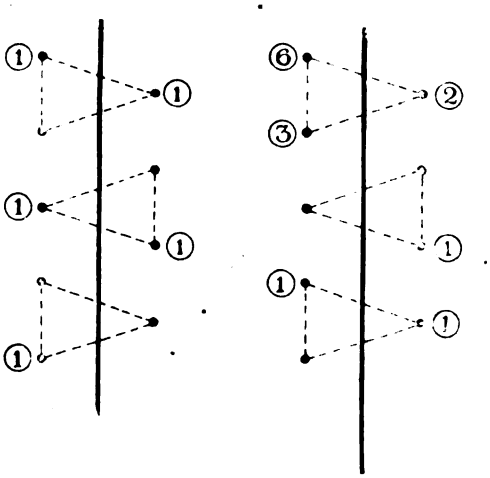
La figura annessa mostra che il filo più colpito fu il superiore di una delle due linee: esso ebbe scariche durante 6 temporali.

Il secondo filo della stessa parte scaricò durante 2 temporali, il terzo durante 3.

Digitized by Google

Vediamo che sull'altra linea le scariche furono in numero assai minore, e non si vede alcuna differenza marcata tra i diversi fili.

Il metodo era già stato applicato anche nel 1902, con risultati analoghi, e cioè si avevano avuti sui 3 fili superiori della linea di *destra,* scariche durante 14 temporali, mentre sui tre fili della linea di *sinistra,* solo durante 2, mentre, per esempio, i 3 fili più bassi della linea di *sinistra* furono colpiti durante 6 temporali.



Una ragione si può trovare di questa differenza, ed è che i 3 fili più colpiti sono quelli su cui è fatta la derivazione per la rete di Monza, mentre i 3 superiori dell'altra linea procedono diritti ed ininterrotti da Paderno a Milano.

Ora è necessario notare che, mentre in generale la linea Paderno-Milano è poco attiva in fatto di scariche, le linee aeree, che mettono capo a Monza, sono invece attivissime. Per esempio la linea di Monza-Carate registra in un solo temporale 20 o 30 scariche, mentre quella di Paderno-Milano, in media, 4 o 5.

È molto probabile quindi che l'attività speciale dei fili in questione, dipenda dal fatto della connessione a Monza.

*
* *

Coi pochi elementi raccolti nel 1903, sarebbe assai imprudente qualsiasi deduzione intorno ai fenomeni osservati; crediamo però che questi, e le considerazioni esposte, siano sufficienti a dimostrare come l'iniziativa presa dalla nostra Sezione possa, quando sia più largamente coadiuvata, portare in pochi anni a risultati di notevole importanza.

Perciò noi continueremo nel lavoro cominciato, e rivolgiamo un caldo appello alle Sezioni sorelle, alla Sede Centrale ed agli industriali ed esercenti di imprese elettriche, perchè con l'invio di rapporti frequenti e precisi, mettano a nostra disposizione questo materiale così prezioso, e che essi soli, con le loro osservazioni, possono fornire.

Digitized by Google

N. 20.

CONDENSATORI ELETTRICI PER ALTA TENSIONE

COMUNICAZIONE

fatta dal **Prof. L. LOMBARDI** *alla Sezione di Napoli*

il 22 maggio 1904.

A) Premessa.

Con questo medesimo titolo ho già avuto l'onore di presentare successivamente due note preliminari sullo stesso argomento: una al primo Congresso nazionale di elettricità in Como nell'anno 1899, ed una all'ultimo Congresso internazionale di elettricità a Parigi nel 1900.

Siccome in quelle annunziavo l'inizio di ricerche e prove industriali, che dovevano avere un seguito relativamente importante, mi sento ora indotto, come da antica promessa, a renderne conto in modo definitivo, anche se mi torni penoso il confessare che non tutti i risultati abbiano interamente corrisposto alle primitive aspettazioni.

Non per ciò ritengo che la cosa sia per offrire ai miei colleghi minore interesse, poichè dal punto di vista pratico molte industrie, ancora incerte, si sono giovate in modo insperato dei tentativi, non tutti egualmente felici, dei primi esperimentatori, l'esempio dei quali ebbe virtù di suscitare nuove ricerche, maggiormente feconde. Dal punto di vista astratto poi non può essere sottratta alle verità della scienza alcuna parte del loro valore, solamente perchè esse non trovarono nelle applicazioni dirette un pratico guiderdone. Che anzi, se per la conquista loro le ricerche pazienti dello studioso dovettero cercare il sussidio delle volonterose iniziative private, la modestia del successo rende più alta la benemerenza dei sacrifizi incompensati.

Da questo punto di vista sopratutto mi è grato e doveroso segnalare qui pubblicamente l'efficacissimo aiuto offertomi dai fratelli V. e G. Tedeschi di Torino, i quali, oltre ad aver sostenuto le spese ingenti dei brevetti, hanno dato in questo campo alle prove industriali tutta la grandiosità che i mezzi della loro officina consentivano, e col loro disinteresse singolare si sono acquistato un altissimo titolo alla mia riconoscenza.

D'altra parte, se anche i mezzi nostri non ci hanno per ora consentito di vincere tutte le difficoltà inerenti alla fabbricazione dei

Digitized by Google

condensatori per alta tensione, noi non dobbiamo nemmeno giudicare frustrata la prima parte dell'opera nostra, poichè i condensatori del nostro sistema aspirano tuttavia al vanto di possedere le migliori proprietà dielettriche e la più alta resistenza fra tutti gli apparecchi consimili offerti attualmente in commercio. Se pure quelle ultime difficoltà dovranno vincersi più tardi, o se piuttosto l'impossibilità di rimuoverle con qualsiasi artificio non abbia da rendere i condensatori elettrici assolutamente inetti a funzionare in modo pratico e duraturo nei circuiti di tensione molto elevata, sarebbe prematuro discutere oggi e non potrà essere dimostrato che dalla esperienza ulteriore.

B) I metodi precedenti di fabbricazione dei condensatori per alta tensione.

Senza discutere qui le numerose e singolari applicazioni che i condensatori elettrici potrebbero avere nei circuiti di corrente alternata, poichè di esse si sono diffusamente occupati molti autori in questi ultimi anni (1), non sarà però fuor di luogo ricordare succintamente lo stato di questa industria all'epoca delle nostre prime ricerche, e le enormi difficoltà incontrate da ogni parte nella fabbricazione di apparecchi per alta tensione.

In un mio studio precedente « Sull'impiego dei condensatori nelle trasmissioni di energia elettrica a correnti alternate, e la loro costruzione industriale » (2), io avevo preso dettagliatamente in esame le principali sostanze impiegate nella costruzione di condensatori, caratterizzandone le proprietà dielettriche e l'attitudine a sopportare con maggiore o minore economia le tensioni elevate che si venivano allora adottando. Dal punto di vista della bontà dell'isolamento, della rapidità di polarizzazione, della esiguità delle dissipazioni interne di energia e dell'attitudine a realizzare le capacità desiderate col minimo volume di dielettrico, apparivano ordinatamente preferibili la mica, la paraffina, l'ebanite, la guttaperca, il petrolio ed il vetro.

La mica è stata adoperata da quasi tutti i fabbricanti di piccoli apparecchi di precisione, per la elevatezza della sua costante dielettrica e della resistenza d'isolamento, e per l'esiguità dei fenomeni di lenta polarizzazione e di isteresi elettrostatica. Le lamine di mica che si trovano in commercio sono però di dimensioni limitate, e in

(1) Per la bibliografia dell'argomento consulta W. von Bisicz, *Anwendung und Zukunft der Kondensatoren in der Wechselstromtechnick*, Berlino 1903.

(2) *Annuario del R. Museo industriale di Torino*, 1899.

Digitized by Google

gran parte affette da impurità che le rendono disadatte; il loro prezzo poi è tanto elevato da sconsigliarne assolutamente l'impiego negli apparecchi industriali. Il Bradley ne ha tentata in questi l'applicazione senza successo. Hutin e Leblanc per lo stesso motivo hanno abbandonato l'impiego della ebanite, sebbene essa si lasci lavorare in fogli perfettamente omogenei di grandi dimensioni, e dielettricamente possegga proprietà eccellenti. Il vetro fu adoperato da Jablochkoff, da Lehmann e da Mengarini; esso possiede però una grande conduttività ed una polarizzabilità lentissima, e dà luogo a forti dissipazioni interne di energia.

Swinburne in Inghilterra mise in commercio per il primo veri condensatori industriali di notevole capacità, per una tensione efficace di alcune migliaia di volt. Come isolante egli impiegò una carta speciale, resistente come quella ordinaria pergamenata (*butterskin*), essiccandola lungamente a 100°, ed imbevendo tutto il sistema, privato d'aria colla macchina pneumatica, di olio di paraffina. Questa speciale miscela, usata anche più tardi con poche modificazioni dalla Casa Ganz di Budapest, possedeva però proprietà dielettriche eminentemente imperfette, come io ho avuto occasione di mostrare in una mia breve monografia (1); la resistenza diminuiva radicalmente al penetrare successivo dell'aria.

La guttaperca pura non venne altrimenti adoperata che nella fabbricazione dei cavi isolati, nei quali molte volte si realizzano capacità considerevoli; ancor essa però subisce una polarizzazione molto lenta, e dà luogo a dissipazioni considerevoli di energia. La Casa Ganz tentò l'impiego di fibre vegetali; Berthoud e Borel di Cortaillod, nella Svizzera, costruiscono ancora piccoli condensatori per alta tensione, adoperando come coibente parecchi strati di juta e carta alternati, imbevuti a caldo con una miscela che appare essere di olio di lino e pece greca. Tutti questi materiali isolanti, a struttura eminentemente inomogenea, posseggono però, come quello di Swinburne, proprietà dielettriche molto imperfette.

La maggior parte dei condensatori industriali per media ed alta tensione viene ancora oggidì, e venne in ogni tempo, costrutta ricorrendo all'impiego delle sostanze isolanti che appartengono alla categoria delle paraffine. La massima parte dei fabbricanti però, per la mancanza di un metodo adatto alla preparazione di questo materiale puro in lamine molto sottili ed omogenee, fa ancora ricorso all'impiego della carta paraffinata.

(1) " Misura assoluta della capacità di condensatori mediante corrente alternata, „ *L'Elettricista*, 1896.

Digitized by Google

Nella mia monografia citata io ho mostrato come i condensatori a carta paraffinata, preparati con convenienti cautele, ed a temperatura sufficientemente elevata, possano acquistare proprietà dielettriche assai buone. Berthoud e Borel mettono così in commercio apparecchi di piccolo prezzo per basse tensioni; Hutin e Leblanc ne esperimentarono di analoghi fino a 2500 volt; Bedell, Hoor, Threlfall, Muirhead, Szweticz, Willyoug, Stanley e Kelly, e molti altri, costrussero e provarono condensatori di questa natura, i quali riescono per sè stessi economici e si adattano abbastanza bene per gli usi ordinari con tensioni moderate. La presenza della carta offre però sotto le tensioni più elevate gravi inconvenienti.

Tesla ha tentato di fabbricare condensatori industriali per alta tensione, montando le armature metalliche in recipienti vuoti d'aria e colandovi la paraffina. Apparecchi consimili ha costruito per le sue ricerche il prof. Weber di Zurigo, ed altri ne ha realizzato egli stesso, non meno che il prof. Kleiner, mediante fogli di paraffina ricavati per fusione sopra lamine metalliche. I metodi comuni di colata non permettevano però senza enormi difficoltà di escludere completamente l'aria e le altre impurità, che diminuiscono in modo sostanziale la resistenza delle lamine, nè di separare dal piano metallico la lamina senza alterarla. Io non conosco, pertanto, nemmeno ora alcuna Casa che metta in commercio apparecchi di questa o di altra natura, e di notevole capacità, garantiti per funzionamento continuo sotto tensione alternata di parecchie migliaia di volt.

C) **I condensatori del nuovo sistema.**

Dalle osservazioni precedenti, come altrove ho ricordato, io era a mia volta condotto a tentare nella costruzione dei condensatori l'uso delle sostanze coibenti della natura della paraffina.

Dopo una prima serie di prove io credetti, per altro, di dover abbandonare l'impiego della paraffina ordinaria, avendo constatato che la ceresina bianca del commercio (costituita anch'essa da una mescolanza di idrocarburi della famiglia delle paraffine) è senza paragone migliore dal punto di vista meccanico e dielettrico. Mentre difatti la paraffina comune fonde ad una temperatura di poco superiore a 40°, ed a temperature sensibilmente inferiori ha già perduto una gran parte della sua rigidità meccanica e della resistenza di isolamento, si trova in commercio della ceresina purificata, la quale ha una temperatura di fusione superiore a 70°, e si lascia alle temperature ordinarie trattare in forma e con risultati senza paragone

Digitized by Google

migliori. Disgraziatamente il costo della ceresina è anche tanto più alto, quanto essa è più pura ed ha temperatura di fusione più elevata; di alcune qualità il prezzo si avvicina addirittura al doppio di quello della paraffina, e questo ha certamente nella economia della fabbricazione un peso considerevole; non è però tale argomento al di sopra del quale non possa in molti casi prevalere la convenienza di ottenere apparecchi di funzionamento più sicuro. È ben noto come in molte officine la temperatura dell'ambiente salga nell'estate a valori più alti di quello massimo che la paraffina può sopportare; a temperatura più bassa non possiede, d'altronde, la ceresina una resistenza specifica ed un potere induttore minore, nè dà luogo per isteresi a dissipazioni più grandi di energia.

Volendo completamente abbandonare l'impiego della carta paraffinata, e di qualsiasi altra mescolanza di sostanze estranee come isolanti, il mio primo studio fu naturalmente quello di giungere per fusione alla confezione di placche di ceresina pura, aventi dimensione e struttura per quanto era possibile perfettamente uniformi. Dalle prove fatte per foggiare con processi meccanici queste sostanze in lamine di forma adattata, ho già succintamente riferito nella prima delle mie note citate. Dei metodi ordinari di fusione sopra lamine metalliche solide, comunque perfettamente levigate e livellate, non era nemmeno da credersi possibile l'impiego per una fabbricazione in scala industriale. E dopo l'insuccesso delle prove meccaniche, e colla sfiducia più completa nei metodi di fusione già conosciuti, io fui condotto ad ideare nel 1899 il metodo nuovo, che segnò, a mio giudizio, un grande perfezionamento rispetto ai precedenti, e che la Casa Tedeschi acconsentì perciò a patentare sotto il mio nome nei principali paesi.

Nei nostri brevetti si contempla un metodo generale di fabbricazione di placche sottili, a facce esattamente parallele, ed a struttura essenzialmente omogenea, il quale si può adattare egualmente bene alla trattazione di qualsiasi sostanza facilmente fusibile. *Il metodo consiste nel colare la sostanza liquefatta sopra un bagno liquido di conveniente densità, mantenuto a temperatura adattata.* La densità di questo liquido deve naturalmente essere maggiore di quello della sostanza liquefatta che si vuol colare su di esso, e la temperatura deve potersi mantenere ad un valore poco inferiore a quella di solidificazione della sostanza medesima, per impedire di questa il raffreddamento troppo repentino.

Essendomi proposto fin da principio di impiegare nella costruzione delle placche isolanti dei condensatori la paraffina e la ceresina,

Digitized by Google

le temperature di fusione per me interessanti variavano fra 40° e 75° circa; la densità delle sostanze era poco diversa da quella dell'acqua. A costituire perciò il bagno liquido, che doveva sopportare le placche all'atto della fusione, si adattava benissimo il mercurio, che ha una densità 13 volte maggiore dell'acqua, ed una temperatura di ebollizione di 350°. In una vaschetta metallica a doppio fondo, mediante una circolazione d'acqua calda, regolata dall'esterno con appositi rubinetti, era facilissimo mantenere la massa liquida ad una temperatura adatta, perchè la ceresina, fusa a parte, ed accuratamente filtrata, vi si potesse colare da un recipiente di conosciuta capacità, senza pericolo di vederla troppo rapidamente rapprendersi.

Lo strato liquido, di spessore esattamente costante, si consolidava per graduale raffreddamento in una lamina a facce esattamente piane e parallele, quali nessun altro metodo fin allora conosciuto avrebbe permesso di realizzare.

Il mercurio metallico, se è convenientemente trattato, conserva pressochè indefinitamente la sua superficie speculare perfettamente tersa, e può servire senza dispersioni sensibili, e senza nuove operazioni di lavaggio, alla colata di un numero quasi illimitato di lamine. Perciò è solamente necessario che la sostanza fusa non sia versata sul metallo a temperatura così alta, da provocare una superficiale ossidazione, o da subire essa stessa una dissociazione parziale; egualmente non deve la temperatura essere così bassa, da provocare una solidificazione troppo rapida della lamina, potendo allora avvenire che nell'atto di questa le fluttuazioni del liquido più denso, non peranco ridotte a perfetto riposo, lascino traccia sulla parte inferiore della lamina producendovi sensibili increspature.

Un brevissimo tirocinio è sufficiente per dare ad un operaio l'abilità e la sicurezza necessarie al maneggio dell'apparecchio, dal quale egli riesce senza difficoltà a ricavare almeno un centinaio di placche al giorno perfettamente regolari. Per questo basta che le placche, appena solidificate, ma ancora calde, vengano con un coltello separate dall'orlo della vaschetta, ad evitare che nel raffreddamento ulteriore, per la grande con trazione della sostanza, subiscano distensioni pericolose. Quando la consistenza è sufficiente, ma prima che le lamine abbiano acquistato soverchia rigidità, esse possono colla dovuta cautela afferrarsi agli orli colle mani, o con apposita pinza di legno, e sollevarsi dolcemente dal bagno per essere adagiate su una lastra piana di vetro; su questa si lascia avvenire il raffreddamento ulteriore, non senza aver prima profilate le lamine riducendole ad una sagoma esattamente costante.

Digitized by Google

Quando il raffreddamento è compiuto, le lamine posseggono una struttura perfettamente uniforme, e per le operazioni successive si lasciano accatastare e maneggiare colla più grande facilità.

La vaschetta che servì alla confezione di tutte le lamine dei nostri condensatori ha la superficie libera di circa 20 decimetri quadrati, e permette di ricavare con queste dimensioni ragguardevoli lamine dello spessore di mezzo millimetro fino a parecchi millimetri. Le lamine molto sottili diventano naturalmente delicate, e quelle più spesse presentano alla superficie per la soverchia lentezza del raffreddamento una minore levigatezza; esse d'altronde non trovano impiego nella costruzione pratica dei condensatori.

Per verità le lamine di 1 mm. di spessore, quando sono perfettamente omogenee, non si lasciano attraversare in poco tempo dalla scarica disruptiva a tensioni minori di 30 o 35 mila volt; quelle di 2 mm. ne possono sopportare 50,000. Così le placche di 1 mm. utilizzate nei nostri primi condensatori per 3-5000 volt, poterono essere provate da noi durante 20″ a 17,000 volt, fornendo uno scarto che era in principio di 20-25 per cento, e che si ridusse successivamente a 10-15 per cento col perfezionarsi del metodo di colata; le placche di 2 mm. vennero con pochissimi scarti provate a 38-40,000 volt, e furono impiegate nei condensatori per 10,000 volt.

D) **Risultati sperimentali conseguiti coi nuovi condensatori.**

Ora ecco i risultati principali delle nostre prove industriali, che ebbero la durata di parecchi anni, e che vennero proseguite recentemente anche nelle officine grandiose della Casa Siemens e Halske di Vienna.

I due primi condensatori, originariamente costrutti per una tensione alternativa efficace di 5000 volt, e destinati uno alla Esposizione di Parigi ed uno alle prove che la Società Anglo Romana gentilmente ci permetteva di fare nella Officina di Porta Pia, erano suddivisi in due sezioni di 1/2 microfarad, destinate a sopportare in parallelo la tensione di 5000, ed in cascata quella di 10,000 volt. Ogni sezione si componeva di 5 elementi costituiti da 52 armature di stagnola, separate da placche di ceresina di mm. 1,1. La ceresina per esse adoperata, sebbene non avesse a freddo una resistenza elettrica superiore a quella della paraffina ordinaria, possedeva una temperatura di fusione notevolmente più elevata, ciò che costituiva contro il pericolo di riscaldamento graduale per le interne dissipazioni di

Digitized by Google

energia o per il sovraelevarsi della temperatura esterna un ragguardevole vantaggio.

Le lamine erano state provate ognuna per 20″ a 30″ ad una differenza di potenziale di 15-20,000 volt, avendo all'uopo la Casa Tedeschi costrutto un apparecchio di trasformazione suscettibile di produrre con una differenza primaria di potenziale di circa 100 volt una differenza massima secondaria di circa 60,000 volt, e regolabile fra vasti limiti mediante resistenze intercalate nel circuito primario. Le prove delle lamine venivano sopra un apposito tavolo d'inserzione effettuate mediante due armature di stagnola perfettamente aderenti; non potevano tuttavia protrarsi notevolmente senza che un sensibile riscaldamento si facesse agli orli.

Qui, difatti, cessando la continuità delle armature di stagnola, e mancando la continuità perfetta del materiale isolante, si origina una distribuzione superficiale di masse elettriche, sollecitate ad uscire dalle armature dalla pressione elettrostatica che si deve alla grande densità delle masse sugli orli. Il fenomeno è accompagnato, quando si produce ad alto potenziale, da ramificazioni luminose analoghe a quelle che si manifestano in proporzioni maggiori nel caso delle scariche ordinarie disruptive, e da un crepitìo caratteristico, al quale si accompagna quasi sempre la produzione di ozono. Se un margine inadeguato si lascia agli orli, le scariche superficiali si estendono nell'aria dall'una all'altra armatura con grande fragore, e con sviluppo di calore considerevole. Questi fenomeni pericolosi si possono limitare chiudendo la lamina da provare con le sue armature metalliche fra altre lamine isolanti, sotto conveniente pressione, ma non si lasciano eliminare all'atto delle prove in modo completo.

Costituiti gli elementi, essi si racchiudevano in apposite cassette di legno paraffinato, eliminando con una accuratissima disposizione delle lamine, alternate coi fogli estremamente sottili di stagnola, ogni quantità apprezzabile di aria, e chiudendo ermeticamente gli orli mediante paraffina fusa. Si lasciavano verso l'esterno due semplici laminette di rame, collegate alle linguette terminali di ogni armatura.

Così ultimati gli elementi per il montaggio definitivo, venivano essi per otto ore sottoposti ad una tensione efficace alternativa di 9000 volt. Si adoperavano perciò i trasformatori adibiti dalla Casa Tedeschi per la prova industriale dei cavi. Quando in alcuno degli elementi si manifestava all'atto di queste prove un corto circuito, esso veniva smontato con grande attenzione per indagare la natura

Digitized by Google

del guasto, e trarne un criterio nelle modificazioni ulteriori. Lo stesso esame accurato veniva naturalmente effettuato sopra gli elementi che saltavano dopo qualche tempo dalla messa in funzione nei circuiti industriali. Una gran parte del materiale poteva in tal guisa utilmente ricuperarsi.

Così accadde del primo condensatore, inserito alla fine del 1900 sulla linea di Tivoli all'Officina di Porta Pia, che in tre elementi si manifestassero successivamente tre corti circuiti; il primo dopo nove giorni di funzionamento non interrotto; il secondo dopo trenta giorni dalla nuova inserzione, ed il terzo due altre settimane dopo che l'apparecchio era ancora stato ricollegato alla linea. A capo di questo tempo avevano dunque gli altri sette elementi resistito per otto settimane alla tensione normale di 5000 volt.

Verificatosi però nel mese di giugno del 1901 il terzo guasto, l'apparecchio venne definitivamente ritirato, e gli elementi isolatamente si sottoposero nell'Officina della Casa Tedeschi durante alcuni mesi a prove ulteriori, che essi sopportarono quasi tutti vittoriosamente.

Alla fine del 1900, per ordine della Casa Kolben di Praga, la Casa Tedeschi costruiva con criterio analogo, e con placche di analoghe dimensioni, un condensatore trifase della capacità di $3 \times 0{,}5$ microfarad, per 3000 volt; il primo esempio, credo, di costruzione nel suo genere, portante in ogni elemento alternatamente distinte le armature di polarità diversa, destinate a collegarsi coi tre fili di linea. La complicazione della costruzione, e la maggiore difficoltà delle prove da eseguirsi mediante trasformatori monofasi, consigliarono di abbandonare quel sistema più tardi, lasciando preferire anche negli apparecchi destinati a circuiti polifasi le combinazioni ordinarie di elementi monofasi, che posseggono il vantaggio di potersi a piacimento raggruppare a stella od a triangolo, mediante connessioni esterne, e di potersi perciò utilizzare a tensioni diverse.

Il condensatore di Kolben fu tenuto per 10 giorni consecutivi in prova a Torino, sulla Rete secondaria della Società di elettricità Alta Italia a 3000 volt, e spedito nel gennaio a Praga, senza che nel lunghissimo viaggio per le vibrazioni meccaniche o l'influenza delle basse temperature avesse a subire alcun inconveniente. Il viaggio si prolungò fino al mese di aprile per incagli opposti al confine, dove gli ufficiali di dogana non seppero più sollecitamente assegnare all'apparecchio la categoria e tariffa competente. Nel corso del mese di maggio l'ing. Kolben scriveva di avere assoggettato il condensa-

Digitized by Google

tore a prove esaurienti, dichiarandosi del risultato completamente soddisfatto.

Nei primi mesi del 1901 la Casa Tedeschi costruiva un condensatore più grande, ad elementi trifasi, costituiti dapprima con placche di 2 e poi di 2,5 mm., provate a 35-40,000 volt, che la Società Alta Italia cortesemente acconsentì a lasciar esperimentare sulla sua linea primaria di trasmissione da Lanzo a 11,000 volt. Fin da principio si incontrarono qui difficoltà assai gravi, essendosi ripetutamente manifestate fusioni di valvole e corti circuiti in alcune delle sezioni.

Per evitare pericoli all'impianto, e provvedere ad una sorveglianza più accurata degli esperimenti, la Casa Tedeschi decise allora di effettuare le prove in modo più esauriente nell'interno della sua officina, e provvide all'acquisto di un trasformatore trifase Schuckert di 30 kilowatt, con avvolgimenti primarî per 120 e secondari per 10,000 e 20,000 volt, installandolo in apposito locale, ed alimentandolo con un trasformatore trifase della Società Alta Italia, munito nei circuiti primari di tutti gli apparecchi di misura e d'interruzione.

Un numero considerevolissimo di esperimenti fu eseguito in tal guisa durante l'anno 1902, sotto la diretta sorveglianza dell'ingegnere A. Tessari, che spiegò in tutte queste ricerche uno zelo ed una perspicacia singolari.

Un primo condensatore trifase della capacità di 1 mF., con lamine di $2\,^1/_2$ mm., diede luogo, in parecchi elementi, a successivi corti circuiti, mantenendosi ad una tensione variabile nei periodi della giornata da 10,000 a 12,000 volt. Un altro condensatore ad elementi monofasi, composti con lamine di 1,4 mm., e riuniti due a due in cascata, avendo tre sezioni raggruppate a triangolo, sotto la differenza di potenziale di 10-12,000 volt, durò in funzione dall'aprile al giugno, occasionando tuttavia parecchi corti circuiti. Riuniti gli elementi tre a tre in cascata, così che ognuno sosteneva una tensione di 3500-4000 volt, essi poterono senza inconvenienti mantenersi in circuito giorno e notte per tutto il resto dell'anno; cinque o sei mesi ininterrottamente.

Sembra adunque che esista una specie di tensione critica, oltre la quale le lamine dielettriche, costruite e montate col sistema in quistione, difficilmente possono resistere; e questa non appare molto superiore a 4000 volt.

Il fenomeno complesso che si manifesta poco oltre questa tensione si rivela abbastanza chiaramente nella ispezione degli elementi in cui si è manifestato un corto circuito.

Digitized by Google

Pochissime eccezioni fatte, le lamine non vengono mai perforate per l'uso prolungato nelle regioni ricoperte regolarmente dalle armature di stagnola. Se ivi si manifestassero per difetto di fusione irregolarità qualsiansi, come piccolissime bolle d'aria o tracce di sostanze estranee rimaste nella ceresina all'atto della filtrazione, esse darebbero inevitabilmente luogo alla rottura delle lamine sotto la differenza di potenziale che si realizza alle prove, tripla o quadrupla di quella normale.

Ammessa la lamina perfettamente regolare, accade però durante il funzionamento che essa si trovi assoggettata colle diverse sue parti a condizioni elettriche diverse. Poichè fra le regioni interne, dove il campo elettrostatico ha la direzione normale alle armature ed è distribuito con uniformità, e le regioni più lontane dei margini, dove l'azione è trascurabile, una striscia esterna ai bordi delle lamine, e contigua ad essi, è sottoposta ad una pressione elettrostatica enorme per la grande densità che le masse elettriche assumono sugli orli delle armature metalliche, aventi un piccolissimo raggio di curvatura. Le masse elettriche sono sollecitate energicamente da questa pressione verso l'esterno, prevalentemente nella direzione dei piani di separazione fra le lamine affacciate. E qui, comunque sottile si tenga lo spessore della stagnola, e accurato si faccia il combaciamento delle lamine, ricorrendo eventualmente anche a pressioni meccaniche considerevoli, accade quasi sempre che si trovi immagazzinata una piccolissima quantità di aria, la quale, avendo una rigidità dielettrica considerevolmente minore, dà luogo coll'andare del tempo a fenomeni disastrosi.

Già nella mia nota letta al Congresso di Parigi io denunciavo il risultato singolare di misure eseguite mediante un sistema di coppie termoelettriche nell'interno di condensatori del nostro sistema. Dopo un funzionamento prolungato a 5000 volt per 10 ore, la temperatura al mezzo delle placche aveva subìto un aumento di 1°,4, mentre quella degli orli era salita di 3°,2; contemporaneamente quella esterna era variata di 2°,5. Sebbene una piccolissima quantità di calore avesse potuto passare dall'esterno all'interno del condensatore per conduzione, l'eccesso di temperatura riscontrato negli orli era in massima certamente dovuto ad uno sviluppo locale di calore, dal quale con ogni verosimiglianza originano anche gli effetti più temibili nel funzionamento prolungato, che compromettono la conservazione dell'apparecchio.

Essendo il materiale adoperato cattivo conduttore del calore, la

Digitized by Google

temperatura continua con ogni verosimiglianza a crescere per molto tempo in quelle regioni, ed il dielettrico perde con ciò una gran parte della sua resistenza. Le piccolissime scintille, che si vanno ramificando nei sottilissimi spazi d'aria contigui agli orli, esercitano poi sul dielettrico un'azione diretta che può diventare completamente deleteria, o sia che intervenga un fenomeno vero di ossidazione per la presenza di piccole quantità di ozono dovute alle scariche laterali, o che la ceresina semplicemente si alteri per l'azione del calore o delle scintille impercettibili. Certo è che dopo alcune settimane o mesi di funzionamento, a seconda della tensione più o meno elevata cui il condensatore fu sottoposto, e la più o meno grande imperfezione dei combaciamenti, si manifesta quasi sempre un'alterazione delle placche vicino agli orli delle armature ed alle linguette di collegamento, ed un ingiallimento della ceresina, che appare più o meno profondamente intaccata; là dove il fenomeno è più marcato, esso prelude inevitabilmente alla perforazione delle lamine.

Tutte le lamine attraversate da scintille apparvero così al nostro esame perforate agli orli; quasi tutte là dove la linguetta metallica si distacca dal foglio principale di stagnola per le connessioni, e dove non è possibile quasi mai di evitare all'atto in cui si profilano i fogli, la presenza di piccolissime sbavature o punte sporgenti, che facilitano singolarmente la formazione delle scintilline locali. Per tensioni non superiori a 3 o 4 volt le cautele indicate sono in generale sufficienti per evitare il fenomeno, o per contenerlo, fra limiti tollerabili.

Quello che accade nei nostri condensatori, deve intervenire naturalmente in eguale o poco diversa misura in quelli di ogni altro sistema, avvantaggiandosi solamente quelli nei quali gli strati isolanti non hanno una vera e propria superficie di separazione in prosieguo di quella delle armature, come i condensatori a dielettrico liquido, o dove l'isolante si è formato con una miscela di sostanze liquefatte all'atto del montaggio a temperatura elevata. L'artificio più sottile impiegato da Swinburne per migliorare l'isolamento dei suoi condensatori a carta e petrolio era appunto la esclusione completa dell'aria, ed io stesso ho avuta esperienza di suoi apparecchi, non destinati a sopportare differenze di potenziale superiori a 2000 volt, dove la penetrazione dell'aria in quantità piccolissime aveva già peggiorato sostanzialmente il comportamento del dielettrico. Aggiungasi che il petrolio e gli altri liquidi isolanti, finora adoperati, hanno proprietà dielettriche senza confronto meno buone di

Digitized by Google

quelle della paraffina e ceresina, e degli altri buoni coibenti solidi, e si comprenderà l'importanza fatale che il fenomeno osservato finisce per avere in quasi tutti gli apparecchi di questa natura.

Tutti gli artifizi escogitati per rendere migliore il contatto delle lamine isolanti, o dare alle armature, anche con la interposizione di sostanze estranee, una forma o disposizione più adatta, riuscirono finora inconcludenti. La sostituzione di fili metallici sottilissimi alle linguette d'attacco; la sovrapposizione di sottilissimi fogli di mica e la verniciatura sul posto con gommalacca od olio di vaselina; la sostituzione dei fogli di stagnola con strati sottilissimi di polveri metalliche o di grafite; l'artifizio stesso di realizzare attorno alle armature di stagnola un orlo conduttore spalmato di grafite, non ebbero per risultato alcuna modificazione sostanziale nel comportamento dei condensatori; agli orli estremi dell'armatura conduttrice non fu mai possibile di evitare completamente il riscaldamento del dielettrico sotto tensioni superiori a 5000 volt.

E) Conclusione.

La riuscita dei condensatori elettrici per tensioni molto elevate troverà dunque in questo fenomeno, che i più sottili artifizi sinora esperimentati non permisero di eliminare, un ostacolo insormontabile? Una risposta sarebbe arrischiata anche in bocca a noi, che nella possibilità di risolvere il problema abbiamo per tanto tempo mantenuta la fiducia più illimitata.

Certo si è che le sostanze isolanti, sottoposte a forze elettriche crescenti oltre un certo limite, rivelano una resistenza assolutamente inadeguata. Questa è la ragione per la quale nelle trasmissioni a distanza non sarà forse mai possibile di oltrepassare colle tensioni alternative i maggiori limiti già ora raggiunti di 50-60,000 volt, perchè l'aria atmosferica a tensioni più alte con qualunque distanza dei fili non offre una protezione sufficiente contro le dispersioni elettriche.

Nei condensatori elettrostatici noi non possiamo pensare di eccedere colle lamine una grossezza determinata, perchè il volume del dielettrico necessario a realizzare una determinata capacità cresce come il quadrato dello spessore, e dà all'apparecchio un prezzo proibitivo. D'altronde gli aumenti di spessore oltre un certo limite non hanno che un effetto limitato nell'accrescere la resistenza del sistema, per il comportamento ben noto dei dielettrici, e perchè l'alterazione, che si rivela dapprima alla superficie, penetra col tempo lentamente

Digitized by Google

nella massa, e ne compromette la conservazione. L'artificio da me preconizzato fin dal principio delle mie ricerche, di frazionare il dielettrico in lamine di spessore più piccolo, da raggrupparsi nei singoli elementi in cascata è teoricamente razionale, ma complica inevitabilmente la costruzione, obbligando ad elevare il prezzo degli apparecchi. Probabilmente esso costituirà ancora in avvenire l'unico mezzo per tenere stabilmente in funzione condensatori elettrici sotto tensioni molto elevate; le spese d'impianto diventeranno però per apparecchi di capacità relativamente esigua così elevate, da paralizzarne ogni economia nella maggior parte degl'impianti industriali.

D'altronde non è da tacere che i meravigliosi progressi dell'elettrotecnica moderna, i quali hanno permesso di elevare con ogni sicurezza a valori non prima pensati le tensioni di esercizio, ed in moltissimi casi hanno consigliato di adottare bassissime frequenze, da una parte hanno reso più economica la utilizzazione delle sorgenti naturali, togliendo pregio agli artifizi che lasciavano sperare le piccole economie dell'energia dispersa, e dall'altra hanno posto alla costruzione dei nostri apparecchi esigenze nuove, che saranno sempre più difficili da soddisfare. Pochissimi fabbricanti di macchine dinamoelettriche, o progettisti d'impianti ad alta tensione, calcolando gli alternatori e le linee ed i trasformatori per parecchie diecine di migliaia di volt, e contando sulla possibilità d'includere nelle reti di distribuzione buon numero di motori sincroni sovraeccitati, o di adottare i motori a compensazione, si preoccupano ancora sul serio dell'inconveniente, che una diecina d'anni fa appariva senza confronto più grave, di avere nelle macchine o sulle reti un complesso di fenomeni secondari d'induzione capaci di occasionare perdite anormali di energia.

Ciò nonostante il problema dei condensatori elettrici per alta tensione si presenta tuttora certamente pieno di fascino, perchè il campo delle loro applicazioni forse non è ancora tutto scoperto, e la richiesta può da un momento all'altro crescere in misura non preveduta. Negl'impianti moderni di radiotelegrafia, in parecchie industrie elettrochimiche, come nella fabbricazione dell'ozono e specialmente in alcuni processi per la fissazione dell'azoto dell'atmosfera, si trae partito in forma diversa delle scariche elettriche ad alto potenziale, a produrre le quali i grandi apparecchi d'induzione, combinati con sistemi di capacità adeguata, offrono tuttora il mezzo di gran lunga più economico. In quasi tutte queste industrie l'impiego dei condensatori non è fatto in modo continuo, come inevi-

Digitized by Google

tabilmente dovrebbe accadere sulle linee di trasmissione, o nelle reti di distribuzione di correnti alternate; di ciò la sicurezza dell'esercizio si avvantaggia singolarmente.

La stessa Casa Siemens e Halske è così stata indotta, per nostro incitamento, ad iniziare nella sua officina grandiosa di Vienna prove che avrebbero dovuto riuscire esaurienti per la fabbricazione dei condensatori col nostro sistema. Lo intendimento era, dopo che le prove di fabbricazione delle placche col metodo sopra descritto, erano state giudicate dal dott. Fellinger completamente soddisfacenti, di tentare con queste il montaggio degli elementi nel vuoto, e di esperimentare l'applicazione di altre sostanze dielettriche. Disgraziatamente la fusione avvenuta della Casa Siemens con quella Schuckert ha avuto per effetto d'interrompere in modo definitivo per entrambe tutti gli esperimenti, il cui risultato industriale non appariva peranco completamente assicurato.

La Casa Tedeschi tiene dunque sola il campo per ora, ed io ardisco affermare che essa lo tiene con onore, poichè nessun'altra Casa, a mia notizia, esibisce al pari di essa condensatori di capacità comunque grande, di cui possa assumere garanzia pel funzionamento continuo a parecchie migliaia di volt.

Ora però l'oggetto di questa modesta comunicazione non doveva essere quello di segnalare agli uomini della industria un prodotto, che è forse ancora coi suoi difetti il migliore del suo genere; bensì era quello di denunciare ai colleghi del campo tecnico, che se ne potevano interessare, i risultati nostri non del tutto dispregevoli, e additare agli studiosi un metodo, che nell'esame dei materiali dielettrici, non meno che in altre ricerche d'indole fisica o chimica sopra le sostanze fusibili, potrà offrire in molte circostanze considerevoli vantaggi.

Alla Casa V. Tedeschi e C°, alla cui singolare pertinacia, più che alla mia modesta ispirazione io debbo lealmente riconoscere il merito dei risultati conseguiti, deve andare però, prima che io chiuda questa nota, il mio ringraziamento solenne, e per essa e per me devono ad un tempo essere ringraziate la Società Anglo-Romana d'illuminazione e quella di Elettricità Alta Italia, le quali, permettendoci di eseguire all'inizio delle nostre prove, con apparecchi installati regolarmente sulle loro reti, esperimenti importanti in scala industriale, portarono alle nostre ricerche un contributo prezioso.

Digitized by Google

N. 12.

FUNZIONAMENTO CON CORRENTI ALTERNATE DEI MOTORI IN DERIVAZIONE

COMUNICAZIONE

del **Dott. O. M. CORBINO** *fatta alla Sezione di Palermo il 29 maggio 1904.*

1. — Fin dai primi tentativi, piuttosto empirici, che condussero al successo recente del motore in serie a collettore adoperato con correnti alternate, si tentò di usare in simili condizioni il motore in derivazione; e come si erano esagerati gli inconvenienti del primo, così si giudicò che fosse senz'altro da scartare il secondo, poichè a quegli stessi inconvenienti si aggiungeva lo sfasamento ineguale delle correnti nell'induttore e nell'indotto.

Nel motore di Stanley e Kelly si cercò di ovviare a tale diverso sfasamento con degli artificî di discutibile efficacia. D'altra parte il distruggere tale ineguaglianza, supposto che fosse possibile, rendeva il motore in derivazione poco diverso da quello in serie.

Comunque il giudizio sfavorevole sul primo divenne generalmente accettato, ed ebbe un'autorevolissima sanzione dal sig. Blondel in un recente, magistrale studio sui motori monofasi a collettore.

Scopo del presente lavoro è di mettere in rilievo alcune qualità pregevoli di quel motore, per cui esso, pur conservando i vantaggi dei motori per correnti continue, di avviarsi cioè spontaneamente e di funzionare a qualunque velocità, ha un comportamento analogo a quello del motore sincrono; e così è possibile che sia traversato da correnti in fase e anche in anticipo sulla tensione della linea, che funzioni cioè come un condensatore.

Ne risulterebbe che anche il motore in derivazione, malgrado la sua cattiva fama, può rendere utili servigi nella pratica; tutto ciò precisamente in grazia di quell'ineguale sfasamento che si era ritenuto il suo più grave inconveniente, e del quale, a parer mio, anzichè eliminarlo, è più utile trarre profitto.

2. — Sopra una linea a tensione alternativa

$$e = \sqrt{2}\, E \operatorname{sen} \omega t$$

siano derivati, come in un motore a eccitazione indipendente, l'induttore (naturalmente laminato) e l'indotto aventi le resistenze e le

Digitized by Google

induttanze r_2, L_2 ed r_1, L_1 rispettivamente. Le spazzole si suppongono callettate alla linea neutra.

Sia OE (fig. 1) il vettore rappresentante in lunghezza la tensione efficace E, e in fase la tensione istantanea; se si indica con I_2 l'intensità efficace nell'induttore sarà

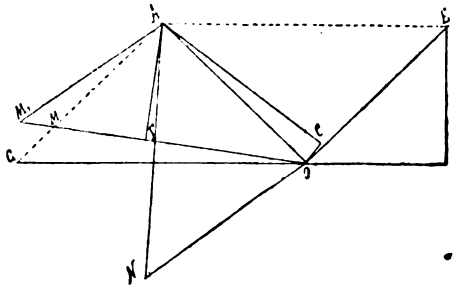


Fig. 1.

$$OB = r_2 I_2, \quad BE = L_2 \omega_2$$

con

$$\text{tang } BOE = \text{tang } \varphi_2 = \frac{L_2 \omega}{r_2}$$

All'intensità I_2, rappresentata con un vettore diretto secondo OB, e alla velocità dell'indotto sarà proporzionale la forza controelettromotrice efficace ε del motore. Scegliendo convenientemente il senso delle connessioni con la linea, o il senso di rotazione dell'indotto si potrà ottenere che il vettore rappresentante ε sia opposto ad OB. Sia esso OC; componendo OE e OC avremo la f. e. m. OA effettivamente agente nell'indotto, dalla quale si ricavano immediatamente, detta I_1 l'intensità efficace nell'indotto, i vettori OC e CA che danno $r_1 I_1$ e $L_1 \omega_1$ con

$$\text{tang } \varphi_1 = \frac{L_1 \omega}{r_1}$$

Già nel caso della figura è evidente la proprietà del motore di esser traversato da correnti in anticipo sulla f. e. m. E della linea.

3. — Perchè il motore si trovi in tali condizioni è necessario che sia l'angolo AOE maggiore di φ_1.

Si ha intanto

$$\frac{\varepsilon}{\text{sen } AOE} = \frac{E}{\text{sen } (AOE + \varphi_2)}$$

cioè

$$\text{tang } AOE = \frac{\varepsilon \text{ sen } \varphi_2}{E - \varepsilon \cos \varphi_2}$$

Se si vuole che sia

$$AOE > \varphi_1$$

dev'essere

$$\text{tang } \varphi_1 < \frac{\varepsilon \text{ sen } \varphi_2}{E - \varepsilon \cos \varphi_2}$$

Digitized by Google

da cui si deduce facilmente

$$\frac{\operatorname{sen}(\varphi_1 + \varphi_2)}{\operatorname{sen}\varphi_1} > \frac{E}{\varepsilon}$$

la quale, per $\varepsilon \geq E$, è certamente verificata se è

$$2\varphi_1 + \varphi_2 < 180^\circ$$

4. — Ricerchiamo adesso l'influenza della velocità sulla potenza, la coppia e l'energia consumata.

Essendo costanti φ_1 e φ_2, il punto G, al variare della velocità, si sposterà lungo OG; inoltre l'intensità I_1 si manterrà proporzionale alle lunghezze che va acquistando il segmento OA.

La potenza meccanica media del motore, $\varepsilon I_1 \cos GOC$, sarà quindi proporzionale a $OG \times OA \times \cos GOC$. Si tiri la retta OM formante con OG, verso destra, l'angolo $\frac{\pi}{2} - \varphi_1$; il segmento OM che risulta dall'intersezione con GA si manterrà proporzionale a OG; inoltre sarà l'angolo AOM eguale a $GOC - \frac{\pi}{2}$ e quindi la potenza proporzionale a $OM \times OA \times \operatorname{sen} AOM$, cioè al triangolo AOM.

Al variare della velocità, e quindi di OG, il triangolo AOM varia per la doppia influenza della base OM e dell'altezza $A\Gamma$; e siccome la velocità varia proporzionalmente a OM, la coppia varierà come $A\Gamma$, annullandosi quando A cade su OM. Se fosse nulla la resistenza r_1 dell'indotto, e quindi $\varphi_1 = 90^\circ$, la retta OM verrebbe sopra OG, e allora l'altezza $A\Gamma$, e quindi la coppia, sarebbe indipendente dalla velocità. Per la presenza di r_1 si avrà invece una lieve diminuzione della coppia al crescere della velocità, mentre invece essa sarà massima all'avviamento. Le condizioni, come si vede, son ben diverse da quelle proprie dello stesso motore alimentato con correnti continue. La coppia varia molto meno rapidamente con la velocità; e inoltre la corrente, rappresentata *in grandezza* da OA, partendo dal riposo, comincia col decrescere, passa per un minimo, e poi torna a crescere indefinitamente.

5. — Il coefficiente di proporzionalità tra la vera potenza meccanica e il triangolo AOM è dato, com'è facile verificare, da

$$\frac{\cos\varphi_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}{r_1 \operatorname{sen}\varphi_2}$$

cosicchè se, invece che la sola velocità è anche variabile φ_2, la potenza non è più proporzionale al triangolo AOM.

Digitized by Google

Scegliendo però su OM, invece che il punto M, un punto M_1 tale che sia $OM_1 = CG$, il coefficiente di proporzionalità diviene $\frac{1}{\rho_1}$ essendo ρ_1 la resistenza apparente dell'indotto. Tale trasformazione è necessaria quando si cerca il valore di φ_2 cui corrisponde un certo funzionamento.

6. — La potenza meccanica è adunque, più generalmente, proporzionale al triangolo $OM_1 A$, nel quale, al variare della velocità, il lato $M_1 A$ si sposta parallelamente a sè stesso, mantenendosi coi suoi estremi sulle rette OM, EA.

Per esprimere in modo analogo la potenza elettrica comunicata dalla linea $EI_1 \cos COE$, si guidi $ON = OE$ e diretto in modo da formare con OE, verso sinistra, un angolo $\frac{\pi}{2} + \varphi_1$; sarà allora quella potenza, con la stessa scala del caso precedente, data dal triangolo OAN, nel quale ON è fisso e A scorre lungo AE.

Nel caso della figura, all'aumentare della velocità, la linea dà sempre energia, anche quando la potenza meccanica si annulla o diviene negativa; l'intensità della corrente continua pure ad aumentare; se però ON capita a destra di OG, e se l'indotto è capace di sopportare intensità elevate, la linea può anche, per una velocità sufficiente, ricevere energia. È ovvio che si tratta di condizioni sfavorevolissime di rendimento.

7. — Risulta evidente da quanto si è detto la grande analogia coi motori sincroni, dei quali si potrebbe ripetere il diagramma caratteristico; molto utile potrà anzi riuscire, purchè si tengano presenti le condizioni speciali di questo motore, il diagramma bipolare del signor Blondel.

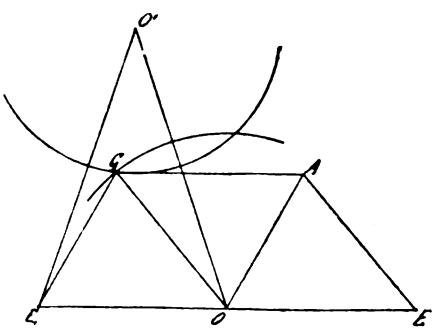


Fig. 2.

Come è noto, in questo metodo grafico (fig. 2), se OE rappresenta la tensione efficace della linea, e, guidato OE_1 eguale e opposto a OE, si costruisce su OE_1 un triangolo isoscele $O' E_1 O$ con angoli alla base eguali a φ_1, allora per una certa forza contro-elettromotrice $\varepsilon = OG$, in ritardo su OE di $\pi + \varphi_2$, si ha un'intensità di corrente rappresentata da $E_1 G$, con l'intesa che per le intensità si scelga $E_1 O'$ come origine delle fasi e una scala ρ_1 volte maggiore

Digitized by Google

di quella scelta per le forze elettro-motrici. La potenza meccanica, e quindi la coppia per un motore sincrono la cui velocità è assolutamente fissa, è legata al valore del segmento $O' G$, di modo che a potenze eguali sviluppate con valori di ε e φ_2 diversi corrispondono per G i vari punti di un cerchio avente per centro O'. La potenza è nulla per il cerchio passante per O e E_1, e cresce al decrescere del raggio.

Tale diagramma può applicarsi senz'altro al problema che ci ocoupa, quando si tengano presenti le due circostanze caratteristiche di questo caso:

1° Mentre il valore di ε nei motori sincroni è *soltanto* funzione della corrente eccitatrice, qui è *anche* proporzionale alla velocità dell'indotto che può assumere valori qualsiasi;

2° Mentre la fase di OG nei motori sincroni è determinata soltanto dalla posizione mutua, a una certa frazione del periodo, dell'indotto e dell'induttore, e quindi si determina *da sè* in modo che l'estremo G si trovi sul cerchio che corrisponde alla coppia resistente applicata, col motore in derivazione quella fase è rigidamente connessa alle costanti del circuito induttore, e assolutamente indipendente dalla velocità dell'indotto o dal valore della coppia resistente.

Cosicchè, mentre lanciando il motore sincrono e sottoponendolo a una coppia resistente compresa entro certi limiti, l'indotto si colloca da sè in modo che G, muovendosi su un cerchio di centro O, vada a trovarsi su un determinato cerchio di centro O', nel caso del motore in derivazione se la coppia resistente è superiore al valore iniziale della coppia motrice, il motore non si avvia; se è inferiore, il motore si lancia da sè a velocità crescente, e G si muove sulla retta OG fino a che incontra il cerchio che corrisponde alla potenza consumata dalla coppia resistente. Appena il punto G incontra la $E_1 O'$, l'intensità nell'indotto diviene in fase con la tensione della linea; al di là poi essa si trova in anticipo sulla tensione stessa.

8. — Secondo i casi può essere utile ricorrere al diagramma della fig. 1 o a quello bipolare di Blondel.

Si riconosce intanto che il comportamento analogo a quello dei motori sincroni, non impedisce al motore in derivazione di conservare i pregi comuni coi motori a corrente continua.

Ricercando poi la potenzialità specifica del motore stesso ritroveremo altre qualità o inconvenienti comuni coi primi.

Per una certa intensità di corrente I_s nell'induttore, e la massima velocità dell'indotto, cui corrisponde la sua massima forza

Digitized by Google

contro-elettro-motrice ε, noi possiamo ottenere che il motore sviluppi la potenza εI_1, in cui I_1 indica la massima intensità che può circolare nell'indotto.

Bisognerà a tal uopo supporre regolabili i valori della tensione E alla linea e della fase φ_2; per determinarli basta tracciare (fig. 3) OG di lunghezza eguale a ε efficace; quindi $OM_1 = OG$ e a distanza angolare $\frac{\pi}{2} - \varphi_1$ da OG; poscia OA normale a OM e di lunghezza eguale a $\rho_1 I_1$; completato il parallelogramma $OGAE_1$ saranno OE la tensione e AGO la fase φ_2 necessarie.

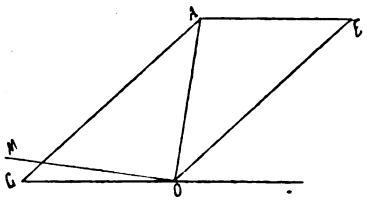


Fig. 3.

È facile vedere dalla figura che in questo caso il motore lavora con un cos φ (chiamando φ il ritardo dell'intensità I_1 sulla tensione E) eguale a cos φ_2.

Lo stesso succede col motore sincrono se si vuole che esso lavori alla massima potenza (sul diagramma di Blondel G deve trovarsi sulla retta OO'), soltanto che in tal caso il motore è in regime instabile, ciò che non succede con quello in derivazione.

Se invece si vuole disporre di E e φ_2 in modo che sia con la stessa ε e I_1 il valore di cos φ eguale a 1, bisognerà seguire la costruzione indicata nella fig. 4.

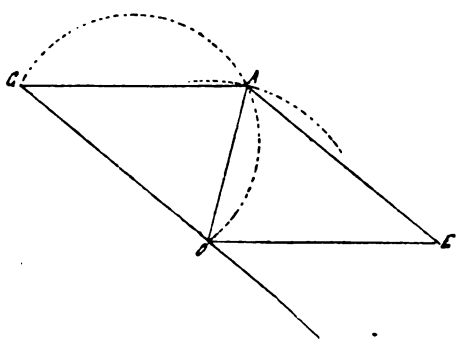


Fig. 4.

Preso $OG = \varepsilon$ e orientato comunque, si costruisce un arco passante per O e G e capace dell'angolo φ_1, indi con centro O si traccia un cerchio di raggio $\rho_1 I_1$; sia A il punto d'incontro con l'arco suddetto; completando il parallelogrammo $OGAE$ si avrà in OE il valore della tensione necessaria e in AGO la fase φ_2.

Il motore in tal caso non sviluppa la massima potenza di cui sarebbe capace, ma solo la potenza $\varepsilon I_1 \cos \varphi_2$. Lo stesso inconveniente si ritrova nei motori sincroni.

9. — Da tutto ciò che precede emerge la convenienza e talora la necessità di poter disporre a piacimento del valore di φ_2. A tal uopo è necessario un ripiego che va accuratamente discusso.

Digitized by Google

Teoricamente un condensatore di capacità variabile, inserito nel circuito induttore, risolverebbe il problema; e pare a me che una tale soluzione possa anche accettarsi praticamente.

È ben vero che fin'oggi i condensatori non soddisfano ai requisiti per farne dei veri apparecchi industriali. Ma se ciò è indiscutibile quando i condensatori debbono, sotto forti tensioni, esser traversati dalle intense correnti che fan da veicolo alle enormi quantità di energia messe in giuoco dagli odierni apparecchi industriali, non lo è altrettanto quando invece si tratti d'inserire il condensatore nel circuito magnetizzante; data infatti la induttanza di questo che può esser resa grandissima, basteranno condensatori di piccolissima capacità per attenuarne gli effetti.

Così per un condensatore che dovesse compensare 10,000 volt di tensione induttiva, con mezz'ampere di corrente eccitatrice, basterebbe, a 50 periodi, la capacità di $\frac{3}{100}$ di microfarad; or una tale capacità sarebbe posseduta da un complesso di meno che dieci lamine di 20×25 cm. e uno spessore di *mezzo millimetro,* più che sufficiente a resistere a tensioni di quell'ordine di grandezza.

Contro l'uso di tali condensatori, che basterebbero, convenientemente frazionati, a produrre alquanti valori di φ_2, non sembrami si possano elevare serie obbiezioni.

Concludendo, il motore in derivazione potrebbe ben sostituire il motore sincrono, sul quale avrebbe il grande vantaggio dell'avviamento spontaneo e della possibilità di funzionamento a tutte le velocità; mentre conserva la proprietà di poter essere traversato da correnti in anticipo sulla tensione della linea; d'altra parte la necessità dell'impiego di un piccolo condensatore nel circuito induttore è ben compensato, sembrami, dal poter fare a meno della corrente continua necessaria per l'eccitazione e da creare sul posto.

Digitized by Google

CONFERENZE

N. 22.

IL RADIO ED IL SELENIO

(PROPRIETÀ ED APPLICAZIONI)

DUE CONFERENZE

dell'Ing. **A. HESS,** *lette alla Sezione di Torino il 28 gennaio e l'11 marzo 1904.*

Della prima Conferenza che comprende le proprietà del radio e le teorie della radio-attività, non possiamo pubblicare che la seconda parte, per ragioni di proprietà letteraria, e rimandiamo per la prima parte alla monografia degli ingegneri Hammer e Hess, di cui vien d'uscire la seconda edizione. (Libreria Editrice Rosenberg e Sellier, Torino).

Teorie moderne della radio-attività.

Sir Oliver Lodge, in una recente conferenza tenuta a Birmingham, disse che alcune scoperte avvengono casualmente e ricevono poi una spiegazione originando una teoria, mentre altre hanno già precedentemente preparata la teoria, e classifica il radio fra queste ultime; disse che tutti i fenomeni del radio sono spiegabili, data l'evoluzione che nella teoria stessa era già precedentemente avvenuta, fin dalla scoperta dei raggi Roentgen e dei raggi Becquerel.

Egli fa risalire le prime teorie al 1880 e le attribuisce a Larmor e Thomson, ora professori di matematica e fisica rispettivamente all'Università di Cambridge.

« Da essi impariamo che l'elettricità consiste in piccole particelle che noi possiamo in un certo qual modo *vedere* nei tubi di Crookes, e che si chiamano *elettroni*. Questi compongono gli atomi della materia. Gli atomi che sono così piccoli da essere contenuti in numero di 300,000,000 sulla lunghezza di un pollice, e di un trilione in un granulo di polvere di licopodio, sono ancora relativamente grandi in paragone con l'elettrone, giacchè ne stanno 100,000 di elettroni nel diametro di un atomo... L'atomo consiste di elettricità negativa e positiva e di nulla più, gli elettroni negativi essendo in uno stato di continuo e violento movimento con possibilità di fuga... Mentre nel 1875 la mancanza della radiazione atomica costituiva una difficoltà per la nuova teoria matematica, la fuga degli elettroni come

Digitized by Google

veri proiettili era probabile, così come la disintegrazione degli atomi nelle loro parti. Questi fatti attesi già precedentemente dalla teoria, sono ora stati confermati dall'esperienza... La dissociazione spontanea di un atomo costituisce una nuova sorgente di energia più potente di qualsiasi altra prima d'ora conosciuta. La somma di energia di una quantità pesabile di materia sarebbe enorme se potesse venir determinata; ma in pratica solo pochi atomi sono instabili da istante ad istante... La scoperta di questa energia interatomica può darci qualche indicazione sull'età del sole e sull'età geologica della terra. Ma la conseguenza più importante è la scoperta della mutabilità della materia, la trasformazione degli elementi e la facoltà degli atomi materiali di dissociarsi od esplodere. In tempi antichi Eraclito promulgò la dottrina che l'universo non fosse un « essente », bensì un « diveniente »; che ogni cosa si trovasse in stato di cambiamento, nulla fosse stazionario o permanente. Ciò è assolutamente vero. Nella vita umana vediamo che tutti i nostri sforzi sono verso il futuro, il nostro istinto non ci permette di fermarci e di godere il presente. Vegetamento e degenerazione attende ogni uomo ed ogni nazione la cui energia è atrofizzata; noi lavoriamo per un futuro, per ogni prossimo perfezionamento e progresso che ci paia possibile, per uno stato di cose non ancor ottenuto, ma ottenibile; e quando è ottenuto noi ancor lavoriamo per qualcosa di ancor più avanzato. Così sempre. L'attività è la regola della vita dell'universo. Nascita, culminazione e morte è la sorte della pianta, dell'animale, delle nazioni, dei pianeti, dei soli. Venti anni or sono non era ammessa la trasformazione degli atomi della materia, ma solo diverse forme di aggruppamento, con la teoria di Maxwell sulla costanza degli atomi... Ora si è dimostrato che il processo di trasformazione raggiunge anche questi. Nulla di materiale è permanente. Milioni e bilioni e diciamo trilioni d'anni saranno forse necessari per queste trasformazioni, ma gli atomi stessi si trasformano lentamente, gli atomi si dissociano e muoiono, non devono quindi essi anche formarsi e nascere?... Morire solo, senza nascita nè culminazione, non può essere l'ultima parola! ».

Difatti in questi ultimi anni ha rapidamente guadagnato terreno l'ipotesi atomistica dell'elettricità, secondo la quale dobbiamo ascrivere alla elettricità, come alla massa, una esistenza reale e materiale, e conosciamo perfino la sua minima quantità od elemento elettrico: l'elettrone. Quest'idea fu espressa e spiegata da Weber nel 1871, ed il nome di « elettrone » usato per la prima volta da Stoney nel 1881, quantunque già Faraday e Maxwell avessero supposto che ad una

Digitized by Google

determinata massa dovesse esser legata una quantità costante di elettricità, e che quindi l'elettricità dovesse comparire in quantità non più suddivisibili. Stoney nel 1874 e von Helmoltz nel 1881 ripeterono quest'idea.

Ipoteticamente ci sono elettroni negativi ed elettroni positivi, ma sperimentalmente fin'ora non poterono esser separati dall'atomo chimico che gli elettroni negativi. Nella dissociazione e nella conduzione elettrica possiamo supporre che gli elettroni negativi possano venir svincolati dall'atomo chimico e possano muoversi liberamente tra le particelle neutrali od elettrizzate della materia.

Le ragioni per cui non si poterono fin'ora liberare elettroni positivi dagli atomi chimici è probabilmente che è necessaria all'uopo una molto maggior quantità d'energia di quella necessaria per liberare gli elettroni negativi.

La carica di un elettrone negativo è pari a $3{,}2 \cdot 10^{-10}$ unità elettrostatiche ed è uguale a quella dell'atomo positivo d'idrogeno, o in generale, alla quantità di elettricità legata ad una valenza. Il rapporto tra la carica e la massa dell'elettrone negativo è $= 1{,}867 \cdot 10^{7}$.

La quantità elementare dell'elettricità, l'elettrone, fu calcolata prima da Stoney (1874), poi da Budde (85) e da Richarz (94). Sia v il volume dei ioni d'idrogeno (a 0° e 760 mm.), i quali si rendono liberi al catodo per azione dell'unità di elettricità, e sia ν il numero delle molecole del gas contenuto a 0° e 760 mm. dell'unità di volume, allora $\varepsilon = \frac{1}{v \cdot \nu}$ è la quantità elementare cercata. v si determina elettroliticamente, ν da calcoli teorici; così si trova ε. Recentemente ε venne calcolato da Townsend (98), J. J. Thomson (99; 03) e Wilson (03) sperimentalmente. In un gas, saturato con vapor d'acqua, si produssero dei ioni; poi il gas venne raffreddato specialmente mediante dilatazione adiabatica. La condensazione si effettuò sui ioni, specialmente sui negativi, e ciascuno di essi divenne il nucleo di 1 gocciolina d'acqua. Si calcolò la carica elettrica della nuvola nebulosa formatasi e la velocità con cui cadde sul suolo; da questi e da alcuni altri dati venne trovato $\varepsilon = 3{,}4 \cdot 10^{-10}$ da Thomson; $\varepsilon = 3{,}1 \cdot 10^{-10}$ da Wilson. Mediante la luce ultravioletta si possono liberare elettroni negativi dai metalli, coi raggi X si ottengono elettroni liberi dagli atomi dei gas elementari. Varie osservazioni condussero alla formulazione della legge: « gli atomi di tutti gli elementi chimici posseggono come componente un elettrone negativo della stessa carica elettrica e della stessa massa ».

E quest'altra: « Gli elettroni negativi di elementi chimici diversi

Digitized by Google

possono venir scambiati e sostituiti fra loro senza cambiare *il carattere* chimico degli elementi stessi.

Chiamiamo « dissociazione elettrica o *ionizzazione* » la separazione di un elettrone negativo dall'atomo.

Nella *ionizzazione* gli elettroni vengono liberati dall'*atomo,* non dalla molecola; quando da un atomo chimico neutrale si libera un elettrone negativo, questo porta con sè la carica negativa; il resto dell'atomo rimane indietro caricato positivamente; quando una molecola si rompe in un atomo caricato negativamente ed in uno caricato positivamente, in realtà si è dissociato solo un atomo della molecola; questo rimane positivo ed il suo elettrone negativo si attacca all'altro atomo non dissociato elettricamente.

L'elettrone negativo allo stato libero, cioè come ione, possiede sul residuo atomo positivo un'energia potenziale che chiamiamo energia dei ioni. Nell'associazione elettrica devesi produrre un lavoro per vincere quest'energia, almeno uguale a quella energia stessa. È da notarsi che l'energia dei ioni dipende dal mezzo in cui si trova l'atomo chimico. L'esperienza insegna che l'energia dei ioni dei metalli è minore di quella dell'idrogeno; questa minore di quella dei metalloidi; se si ordinano gli elementi chimici in serie crescente secondo l'energia dei ioni, troviamo al principio della serie gli elementi così detti elettricamente positivi, alla fine quelli negativi. In un certo senso dobbiamo attribuire agli elementi chimici la tendenza a saturarsi di elettroni negativi.

Chiamiamo dunque « ione » l'elemento quantitativo di elettricità, o un multiplo di esso, che può muoversi liberamente senza essere neutralizzato o legato da una carica opposta. In ordine alla massa si hanno tre specie di ioni: 1° gli *elettronioni,* questi sono elettroni negativi liberi aventi solo la propria piccola massa e non sono uniti ad una massa eterogenea neutrale; 2° gli *atomioni,* questi sono elettroni negativi o positivi a cui è attaccata la componente di una composizione chimica, un atomo ed anche un gruppo di atomi (sotto la carica elettrica sono, per esempio H e NH_4 atomioni positivi, Cl e SO_4 atomioni negativi); 3° i *molioni,* questi sono elettronioni od atomioni ai quali sono coerenti parecchie molecole neutrali. Così possono ad un elettrone negativo di azoto esser coerenti parecchie molecole neutrali di azoto; o ad un atomo positivo di H, nell'acqua, parecchie molecole di acqua.

Quindi chiamiamo conduttore elettrico ogni corpo in cui sono contenuti ioni liberi: in questo senso l'etere puro non è un conduttore. La corrente o la conduzione dell'elettricità in un corpo è l'or-

Digitized by Google

dinato moto dei ioni positivi in una direzione e di quelli negativi nella direzione opposta.

Alla temperatura e pressione ordinaria i *gas* contengono pochissimi ioni; perciò essi sono cattivi conduttori dell'elettricità. Col creare dell'energia, per esempio, mediante raggi X, mediante ioni moventisi velocemente, od alte temperature, si possono ionizzare i gas, cioè da una parte degli atomi si possono liberare elettroni negativi.

Se invece sciogliamo un sale metallico nell'acqua, la soluzione mostra una notevole conducibilità; si è dunque prodotta la ionizzazione, senza produzione artificiale di energia. Siccome nell'acqua la energia dei ioni degli elementi chimici è minore che allo stato gassoso, così essi perdono elettroni negativi senza consumare tanta energia. Come già accennai, l'energia dei ioni dei metalli è minore di quella dei metalloidi; per questo in una soluzione solo la componente metallica perde elettroni negativi; la componente metalloidale non solo ritiene il proprio elettrone negativo, ma ancora attira a sè l'elettrone negativo che si libera dalla componente metallica, e riceve conseguentemente una carica negativa. Così se sciogliamo cloruro di sodio in acqua, l'atomo di sodio perde il suo elettrone negativo e diviene positivo; contemporaneamente l'elettrone negativo vien legato ancor più fortemente all'atomo di cloro.

I vapori nei metalli (per esempio dell'*Hg*) alla temperatura normale sono moderatamente ionizzati; però la ionizzazione richiede meno energia che quella dei *gas* metalloidali, perchè l'energia dei ioni dei metalli è minore. Allo stato liquido e solido gli atomi metallici posseggono una così minima energia dei ioni, che già alla temperatura normale si trovano in parte dissociati elettricamente.

La grande conducibilità elettrica dei metalli è dovuta precisamente all'esistenza di numerosi *atomioni positivi* ed *elettroni negativi*. Se in alcuni metalli esistano anche *elettronioni* positivi, non si può ancor dire con sicurezza.

Gli atomioni positivi ed eventualmente i molioni incontrano nei metalli una tale frizione che la loro velocità specifica è piccolissima, quasi nulla. Invece gli elettronioni negativi per la loro piccola massa hanno una notevole mobilità; nei tubi catodici, per esempio, gli elettroni negativi sotto forma di corrente catodica attraversano sottili lamine metalliche senza diminuire sensibilmente di velocità, come avviene nei tubi di Lenard e di Tesla.

Nei metalli conseguentemente l'intensità della corrente dei ioni positivi è quasi nulla, quella dei ioni negativi è praticamente uguale alla intensità totale.

Digitized by Google

***

Premessi questi brevi ed incompleti cenni sulla nuova teoria atomistica, sorvolo sulle applicazioni che i metodi elettroscopici, quali sono usati per lo studio della radio-attività, possono avere, non solo per determinazioni quantitative, ma anche per determinazioni qualitative, potendosi analizzare la natura dei diversi corpi radio-attivi, dalla diversa qualità della radiazione, degli effetti di ionizzazione, ecc., e veniamo a vedere come si spieghino i fenomeni della radio-attività, intesi come fenomeni energetici di una trasformazione diretta degli atomi chimici.

Per bene intendere l'andamento delle ricerche di Rutherford e Soddy, ricordo dunque che gli atomi degli elementi chimici contengono elettroni negativi.

Impiegando energia li possiamo separare dagli atomi (ionizzazione); facendo cessare la fonte di energia gli elettroni liberi tornano a riunirsi con gli atomi-residui positivi (molionizzazione), mediante sviluppo di energia.

I due processi della ionizzazione e della molionizzazione rappresentano un mutamento ciclico di stato o una trasformazione ciclica di alcuni atomi chimici; dopo la molionizzazione essi posseggono di nuovo la stessa massa e la stessa costruzione che avevano prima della ionizzazione.

Lascio la parola allo Stark (*Dissozierung und Umwandlung chemischer Atome*):

« Una trasformazione diretta degli atomi chimici ha luogo quando essi si decompongono in elementi che chiamiamo *X*, e quindi non tornano più a ricomporsi nella vecchia disposizione dell'atomo originario *A*. Supponiamo che tra le sostanze radio-attive avvenga una trasformazione diretta degli atomi e deduciamone le conseguenze. Come l'elettrone negativo che può venir separato da ogni atomo assorbe una diversa quantità di energia durante la separazione da elemento ad elemento, e quindi possiede una diversa energia potenziale rispetto al residuo dell'atomo, così anche alle altre componenti dell'atomo, le une rispetto alle altre, è propria una determinata energia potenziale; questa è diversa per i diversi elementi chimici. Uno di questi possiede, rispetto all'atomo, la minima energia potenziale; a questo elemento devesi riferire l'energia potenziale di tutti gli altri; per « énergia atomica » di un elemento intendiamo allora la quantità di energia che per atomo diviene libera da forma potenziale, quando un determinato numero di atomi dell'elemento, per

Digitized by Google

decomposizione o per nuovo orientamento delle componenti, si trasforma in atomi dell'elemento di riferimento. Come un corpo pesante, che è lasciato a sè stesso nel campo di energia potenziale della terra, va da luoghi di energia potenziale maggiore a luoghi di energia minore, così una trasformazione di atomi A, quando non sono sotto l'influenza di energia portata dall'esterno, avviene sempre in modo che gli atomi X, i quali si formano, posseggono una minore energia atomica che gli atomi originari A. Durante la trasformazione spontanea di atomi chimici si libera dunque dell'energia potenziale e questa si trasforma specialmente in energia di radiazione elettromagnetica. Lo sviluppo di energia cinetica dalle componenti elementari degli atomi che si trasformano, può divenire così intenso che gli elettroni vengano lanciati con grande velocità fuori del campo della reazione. Ora, gli elementi radio-attivi posseggono la proprietà d'irradiare spontaneamente energia, ed alcuni di essi emettono a grande velocità elettroni negativi. Ci si deve attendere che la nuova materia X, che si forma per prima nella trasformazione degli atomi A-X, possegga sotto il punto di vista chimico proprietà un po' differenti da quelle della materia d'origine A; quindi le materie A ed X debbono esser chimicamente separabili. A sua volta la materia X può trasformarsi nuovamente in un'altra specie atomica Y. Questa seconda trasformazione avverrà nuovamente accompagnata da sviluppo di energia, e la materia X possiederà pure, come quella A, la proprietà della radio-attività. Le radiazioni radio-attive A ed X saranno differenti tra loro. La trasformazione di X deve finalmente condurre ad atomi che sono stabili e posseggono una energia atomica molto minore di A.

« Che nelle sostanze radio-attive si abbiano a vedere atomi che lentamente e spontaneamente si decompongono, fu l'idea di parecchi, tosto dopo la scoperta di Becquerel, e tale idea venne enunciata (vedi Stark, *Die Electricität in Gasen,* Leipzig, 1902, pag. 34 e 93). Crookes e Becquerel trovarono che da preparazioni radio-attive di uranio si può separare chimicamente una materia fortemente radio-attiva: l'uranio X, la quale porta con sè una grandissima parte della radio-attività dell'uranio; l'uranio rimasto col tempo divenne nuovamente radio-attivo, cioè formò nuovamente dell'uranio X. È grande merito di Rutherford e di Soddy di aver riconosciuta la portata del fenomeno osservato da Crookes e Becquerel sull'uranio, e di averlo con grande fatica e cura, e con ugualmente grande successo studiato sperimentalmente sul torio ».

Digitized by Google

Se consideriamo che contemporaneamente solo una piccola parte degli atomi di un elemento radio-attivo si trova sotto trasformazione *A-X*, e che la quantità degli atomi che si trasformano nella unità di tempo umana è così piccola in confronto con la quantità che realmente è suscettibile di trasformarsi, possiamo rispondere alla obbiezione che se gli elementi chimici possono trasformarsi, questa trasformazione avrebbe già dovuto aver luogo durante la vita più volte millennaria della terra. Sarebbe come pretendere che il sole debba esser freddo, perchè da migliaia d'anni irradia calore.

Si può supporre che da un grammo di atomi radio-attivi si trasformino in un giorno $\frac{1}{365} . 10^{-18}$ di grammo; per cui l'intero grammo richiederebbe 10^{18} anni per essere trasformato completamente!

Rutherford scoperse tempo fa che da preparazioni di torio si sviluppa con velocità relativamente piccola una corrente di un gas apparentemente radio-attivo, che chiamiamo « emanazione radioattiva ». Se l'emanazione può circolare liberamente tra la sostanza che la produce ed un altro corpo eterogeneo qualunque, questo si ricopre di una sottilissima patina radio-attiva invisibile: cioè la radio-attività viene indotta su tale corpo.

Questa radio-attività indotta si deposita preferibilmente sopra a superfici caricate negativamente e si comporta come un corpo solido; può venire allontanata meccanicamente mediante raschiamento (Gates, *Phys. Review*, 1903).

Le particelle dell'emanazione radio-attiva si comportano come il Th. *X* e col tempo divengono inattive.

In breve, il parere di Rutherford e Soddy sulla causa della radio-attività può venir espresso come segue:

« Poichè la radio-attività da una parte è un fenomeno atomico, dall'altra è accompagnata da cambiamenti chimici in cui si forma nuova materia, così questi mutamenti debbono effettuarsi nell'atomo chimico stesso, e gli elementi radioattivi debbono *trasformarsi spontaneamente*. La radio-attività può quindi venir considerata come la rivelazione di un cambiamento chimico subatomico. L'esperienza insegna che l'emanazione dev'essere un gas inerte, analogo a quelli della famiglia dell'argon. Sorge spontaneamente la domanda se la presenza dell'elio in certi minerali e la presenza regolare e costante nell'uranio e nel torio non abbia qualche relazione con la radio-attività. Finora si è ritenuto che alla radio-attività preceda una trasformazione chimica, i cui prodotti posseggono una certa quantità di

Digitized by Google

energia disponibile, che si disperde col tempo. Però la radio-attività potrebbe essere un fenomeno concomitante della trasformazione chimica, proporzionale a quest'ultima. In questo caso la radio-attività non separabile del torio e dell'uranio sarebbe la conseguenza della trasformazione Th — Th *X* ed U*r* — U*r X*».

Altrove Rutherford e Soddy (*Phil. Mag.*, 1903) così si esprimono: «Il Th. produce il Th. *X*, questo l'emanazione e questa l'attività indotta. Si può dimostrare che la radioattività di una sostanza non è legata a quella trasformazione da cui fu originata, ma a quella a cui dà luogo. Dopochè, per esempio, dal Th. si è separato il Th. *X*; le radiazioni del Th. *X* sono proporzionali alla emanazione. Quindi si potrebbe formulare la legge: l'ammontare della trasformazione radio-attiva è proporzionale alla quantità della sostanza che è ancor suscettibile di trasformazione; questa è anche la legge di una reazione chimica monomolecolare».

Rutherford e Soddy danno le seguenti fasi di trasformazione pel Ra., Ur. e Th.:

Uranio	Torio	Radio
Uranio *X*	Torio *X*	Emanazione
?	Emanazione	Attività indotta I
	Attività indotta I	Attività indotta II
	Attività indotta II	Attività indotta III
	?	?

Secondo Rutherford e Soddy il prodotto inattivo verrebbe al fine di una delle serie citate; però è possibile che in una qualsiasi fase di trasformazione si formino contemporaneamente un prodotto attivo ed uno inattivo.

Se anche queste idee particolari di Rutherford e Soddy, sono suscettibili di cambiamenti, rimane però dimostrato un fatto, che cioè *alcuni particolari atomi chimici si trasformano spontaneamente e direttamente in atomi di nuova materia.*

Lo Stark conclude: «Nei raggi deviabili delle sostanze radioattive la fisica ha imparato a conoscere velocità così immense di particelle quali non aveva mai osato di supporre; nelle componenti degli atomi che si trasformano appaiono esser concentrate quantità di energia così grandi, che tali, sotto forma cinetica, non possono

Digitized by Google

venir prodotte negli atomi e nelle molecole nemmeno dalle nostre più elevate temperature. La chimica impara a conoscere negli elettroni negativi particelle la cui massa è mille e più volte minore della massa degli atomi più piccoli; e le quantità di materia che nella radio-attività entrano in reazione sono infinitamente piccole in confronto con quelle delle reazioni fin'ora conosciute.

« Nelle ricerche sulle sostanze radio-attive si aprono nuove vie alla chimica. La fisica si libra nel campo dell'elettrone. Nella ricerca della parte che l'elettrone ha nella combinazione chimica degli atomi, la chimica e la fisica trovano un campo comune di studio. Poco più di un secolo fa entrò nella scienza l'ipotesi atomistica della massa chimica; i suoi trionfi nella fisica e nella chimica aiutarono a rassodare l'idea della costanza degli atomi chimici. Al principio del nuovo secolo una nuova ipotesi, più ampia, più comprensiva, ha bisogno di penetrare nel mondo scientifico, l'ipotesi che è munita delle esperienze sui raggi catodici, sulla ionizzazione e sulla radio-attività; l'ipotesi della costruzione atomistica dell'elettricità e della sua azione nella composizione degli atomi chimici ».

Il selenio.

LE SUE PROPRIETÀ ED APPLICAZIONI.

Nel campo dell'elettrofisica fu ed è tuttora uno dei fenomeni meno spiegati la proprietà curiosa e caratteristica del selenio, scoperto nel 1817 da Berzelius, di cambiare la propria resistenza al passaggio della corrente elettrica, dipendentemente dal grado d'illuminazione. Questa proprietà fu notata e spiegata nel 1873 da Willoughby-Smith, il quale era in procinto di servirsi di un cilindretto di selenio cristallino come di resistenza in una misura di un cavo sottomarino. Un suo aiutante, un certo May, notò che la resistenza del selenio variava sotto l'azione della luce.

Allora Smith si espresse in modo geniale circa all'entità della scoperta: « Coll'aiuto di un microfono si può udire il passo di una mosca così fortemente da parere il trotto di un cavallo sopra un ponte in legno; ma, secondo me, è ancor più meraviglioso che io abbia potuto udir cadere un raggio di luce sopra una lastra di metallo coll'aiuto del telefono ».

Lo sforzo costante di ottenere il selenio in una tale disposizione e forma da presentare una grande sensibilità alle variazioni della

Digitized by Google

luce ed una superficie utile più grande possibile condusse alla costruzione delle così dette celle di selenio.

La prima fu ideata e costruita da Werner Siemens nel 1875. Egli riempì con selenio vitreo lo spazio compreso tra due spirali piatte di filo di platino. Il tutto venne chiuso tra due lastrine di mica ed immerso per alcune ore in un bagno di paraffina a 210°, eppoi raffreddato lentamente.

Con questo procedimento il selenio passa allo stato cristallino ed è sensibilissimo alle variazioni di luce.

Le celle di Siemens diedero buoni risultati. La resistenza al buio era circa quindici volte quella alla luce.

Nel 1880 Alex. Graham Bell e Sumner Tainter costruirono una cella di selenio fatta con piastre di rame od ottone provviste di fori in cui penetravano dei tappi conici di metallo ed aventi gli spazi tra i fori e i tappi ricolmi di selenio. Queste celle avevano circa 300 Ω di resistenza al buio e 150 Ω alla luce.

Un'altra forma di cella fu costruita da Bell; egli sovrappose un certo numero di dischetti di ottone e mica, come per un condensatore. I dischetti di mica avevano un diametro un po' minore di quelli di ottone, per cui rimanevano degl'interstizi liberi, che venivano riempiti di selenio. I dischi venivano alternativamente uniti fra loro (cioè quelli di numero pari tra loro e quelli di numero dispari fra loro), ed ogni gruppo veniva a formare uno dei due poli della cella; mediante questa connessione parallela dei dischi si otteneva una resistenza piccolissima della cella, e per la forma cilindrica una superficie di esposizione molto notevole, specie se la cella veniva messa nell'asse ottico di uno specchio parabolico.

Un'altra forma venne ideata da Weinhold nel 1880. Egli praticava una scanalatura doppia a spirale in un cilindro di vetro mediante acido fluoridrico. In questa scanalatura egli avviluppava due fili di ottone o platino, e riempiva lo spazio tra i due fili con selenio.

Mercadier nel 1881 usò due nastri di ottone di $^1/_{10}$ mm. di spessore, 1 cm. di larghezza e 5 m. di lunghezza. Entrambi venivano arrotolati con una striscia di carta isolante frapposta. Il lato piatto della spirale veniva verniciato con selenio, così che questo veniva a formare una spirale tra i due nastri di ottone. Mercadier costruì celle di 5000 a 200,000 Ω di resistenza.

Shelford-Bidwell nel 1882 e Kalischer nel 1886 usarono piastrine di vetro, mica o lavagna, tra cui veniva fissata una spirale tripla di fili di rame od ottone o platino e di selenio, al solito modo.

Von Uljanin nel 1888 compresse selenio liquido tra due piastre

Digitized by Google

di vetro platinato. La resistenza di queste celle al buio era circa 9 volte quella alla luce.

Analogamente costruì delle celle Fritts nel 1884. Questi ricoperse una piastra d'ottone con una patina di selenio e questa con una foglia d'oro.

Le celle di selenio oggi in commercio sono quasi esclusivamente celle costruite secondo il sistema Shelford-Bidwell o secondo quello di Ruhmer.

Le prime consistono in tavolette di lavagna (30 × 60 mm.), attorno a cui sono avviluppati, in forma di spirale doppia, due fili di rame o platino, di 0.2 mm. di spessore.

Il passo di vite è circa 1 $^1/_2$ a 2 mm. Tra i due fili è introdotto il selenio. Le celle sono accuratamente montate e munite di coperchietto a tendina per preservarle dalla luce e dagli urti. La resistenza al buio è da 4 a 10 volte quella alla luce.

Al Ruhmer spetta il merito di aver costruito delle celle di selenio che sono molto più maneggevoli e sensibili, e che si resero straordinariamente utili negli esperimenti di telefonia senza filo. Egli costruì celle la cui resistenza al buio era 80 e più volte quella alla luce. Come corpo per queste celle si usa porcellana non vetrificata, su cui il selenio aderisce facilmente.

Nella porcellana, che può aver forma cilindrica o tabulare, sono praticate delle scanalature, in cui vengono introdotti i fili metallici riscaldati. Il selenio viene praticato allo stato fuso; e, quando è sensibilizzato, cioè passato allo stato cristallino, la cella viene chiusa in un tubo di vetro, in cui si fa il vuoto. Così s'impediscono gli inconvenienti che possono provenire dall'umidità, dalla polvere, dalla pioggia, dalla nebbia, ecc.

La cella è provveduta di uno zoccolo con verme, come le lampadine ad incandescenza.

Una proprietà curiosa delle celle di selenio è questa: se misuriamo la resistenza di un grande numero di celle a diversa intensità d'illuminazione, troviamo che esse si comportano molto diversamente. Le une reagiscono pochissimo ad illuminazione debole, moltissimo ad illuminazione forte; le altre sono molto sensibili per piccole variazioni di luce, molto meno per variazioni forti. Il Ruhmer chiama « dure » le prime celle, « molli » le seconde.

Questa diversità nelle celle dipende dal modo con cui si costruiscono. Se si fonde il selenio vitreo, e poi lo si fa irrigidire in fretta scuotendolo, allora si ottiene la modificazione « dura », che ha una struttura finamente granulare ed aspetto grigio-bluastro.

Digitized by Google

Se invece il selenio fuso sulla cella viene riscaldato fortemente ad oltre 250°, e poi raffreddato senza scosse e lentamente, esso rimane vitreo o nero; riscaldato nuovamente a circa 200°, esso passa alla modificazione cristallina grossolanamente granulare, dal colore grigio chiaro, che è la modificazione « molle ».

Le celle di selenio presentano anche una certa inerzia propria, quando, per esempio, tolte dall'oscurità, vengono repentinamente illuminate; allora la resistenza non scende subito al valore minimo, ma si richiedono alcuni minuti di tempo. Così pure, anzi in maggior grado, nel passaggio dallo stato illuminato a quello oscuro.

Questo fenomeno è naturalmente dannoso quando si tratta di usare celle di selenio per la telefonia senza filo, ove si richiede una sensibilità elevata e rapida. Il Ruhmer riuscì ad ovviare a questo inconveniente, e le sue celle sono ottime per gli scopi foto-telefonici.

Una cella di Rhumer che risponde alle esigenze a cui ho alluso è precisamente questa che qui faccio vedere (repertorio descrittivo).

Nel 1876 Adams e Day trovarono che il selenio allo stato cristallino produce una forza elettromotrice quando viene illuminato. Il fenomeno fu studiato in seguito da Kalischer (1886), Uljanin (1888) e Righi (1888).

Una pila al selenio, molto sensibile, venne costruita da Minchin nel 1896, e se ne servì per la fotometria della luce delle stelle.

L'influenza della temperatura sul selenio venne studiata specialmente da Siemens, Mercadier, Shelford-Bidwell, Sicks e Ruhmer. Se si riscalda del selenio amorfo, che non è conduttore, esso incomincia a condurre la corrente alla temperatura di 100° ca., e la sua conducibilità aumenta rapidamente quando passa allo stato cristallino-granulare. Se si riscalda il selenio così ottenuto, la conducibilità aumenta ancora fino a circa 200°, alla quale temperatura si nota una diminuzione; poi il selenio passa allo stato fuso, e la conducibità continua ad aumentare, specialmente quando lo si lascia raffreddare lentamente e lo si riconduce allo stato cristallino. La conducibilità dipende dal tempo del riscaldamento (a 200°) e dalla velocità con cui lo si raffredda. Il selenio della varietà « dura » e quello della varietà « molle » si comportano diversamente. Questi fenomeni sono di natura complicatissima, perchè sono in giuoco processi di varia natura.

Le applicazioni del selenio. — Le prime applicazioni delle celle di selenio invadono il campo della fotometria. Il primo fotometro fu ideato da Rolls nel 1875. Quasi contemporaneamente Werner Sie-

Digitized by Google

mens costruì il suo fotometro costituito da uno strato di selenio compreso tra due dischetti di mica; il tutto posto nel fondo di un tubo di vetro ed in circuito con un galvanometro. Rivolgendo la parte aperta del tubo verso la sorgente luminosa il galvanometro segnava una certa deviazione; poi si volgeva il tubo verso una sorgente luminosa d'intensità conosciuta e se ne regolava la distanza fino ad ottenere nel galvanometro una certa deviazione; poi si volgeva il tubo verso una sorgente luminosa di intensità conosciuta e se ne regolava la distanza fino ad ottenere nel galvanometro una deviazione uguale alla precedente. Dalle distanze reciproche si calcolava l'intensità luminosa della sorgente di luce, giacchè le intensità sono in rapporto inverso ai quadrati delle distanze.

Léon Vidal nell'81 modificò il fotometro di Siemens impiegando una cella di Bell. Poliakoff nel 1900 consigliò un'altra nuova forma di fotometro, che ha però il difetto dei fotometri a macchia di grasso (di Bunsen); una delle cause principali di errore è l'ineguale azione dei colori sul selenio. Secondo Sale (1873), Adams (1875), Obach (1880), Mercadier (1881) e Ruhmer (1902), la luce più attiva è quella rossa, gialla, e giallo-verde, mentre la luce verde, bleu, violetta ed ultravioletta non hanno quasi azione sul selenio.

Al Ruhmer spetta principalmente il merito di aver costruite celle di selenio che reagiscono anche alla luce blu-violetta, ed a questo risultato è dovuto in gran parte il progresso che per opera del Ruhmer stesso ha fatto in questi ultimi anni la foto-telefonia.

Fu consigliata l'applicazione del selenio per costruire un otturatore automatico per obiettivi automatici. L'idea è buona; si eliminerebbe così la parte più difficile pel fotografo: cioè il calcolo del tempo di esposizione. Solo l'attuazione di questa idea incontra le sue non poche e non piccole difficoltà.

Mercadier, l'inventore del sistema intonato di telegrafia multipla, ormai noto, ha anche costruito un sistema telegrafico in cui una cella di selenio viene usata come trasmettitore; un disco, al cui orlo sono praticati dei fori in modo da corrispondere ai segni dell'alfabeto Morse, gira tra la cella di selenio ed una lampadina elettrica, illuminando così intermittentemente la cella, e provocando nel telefono ricevitore dei suoni musicali corrispondenti.

Molte proposte furono fatte per servirsi del selenio per la trasmissione telegrafica di segni, figure, fotografie, ecc. Questi sistemi si basano in massima parte sul sistema del pantelegrafo di Caselli. Gli apparecchi foto-telegrafici consistono precipuamente in un pantelegrafo con una o più linee, e con una o più celle di selenio alla

Digitized by Google

stazione mittente. Queste celle di selenio vengono influenzate dalla luminosità della figura che si vuol telegrafare. Alla stazione ricevente le variazioni della corrente si trasformano mediante decomposizione elettro-chimica o con sistemi elettro-magnetici. Questi apparecchi possono distinguersi in apparecchi con un solo filo di linea, ed in apparecchi con molti fili. Nel primo caso si copia l'immagine per punti successivamente come col pantelegrafo Caselli. Nel secondo caso l'immagine viene trasmessa tutta d'un tratto.

Sistemi di tal fatta sono quelli di Senlecq (1877), Perosino (1879), De Paioa (1880), Carey (1880), Sawyer (1880), Shelford Bidwell (1881), Gemmil (1886), Heinzerling (1890), Forkarth (1898), van Bronk (1900).

L'apparecchio più recente del genere, che ha dato anche alcuni risultati pratici abbastanza soddisfacenti, è quello di Korn.

L'apparecchio trasmettitore consiste, come già negli apparecchi di Perosino e di Bidwell, in una cella di selenio che passa successivamente su tutti i punti dell'immagine da trasmettersi; mentre alla stazione ricevente l'immagine viene riprodotta dalle radiazioni di un tubo a vuoto eccitato da onde hertziane. L'intensità di queste radiazioni che agiscono fortemente sulle lastre fotografiche, viene regolata dalla corrente dell'apparecchio mittente, raccorciando od allungando la lunghezza di scintilla di un interruttore di Tesla, messo nel circuito. (Vedi Ruhmer, *Das Selen,* pag. 21).

Tutti questi metodi si valgono di un solo filo di linea.

Metodi con molti fili furono ideati da Ayrton & Perry (1880) e da Liesegang (1889), ma non sono pratici.

Contemporaneamente al problema della foto-telegrafia, ha eccitato la curiosità e l'attenzione dei fisici il problema della *telettroscopia,* ossia della visione a distanza mediante correnti elettriche. Tutti questi metodi hanno come principio fondamentale la scomposizione dell'immagine in punti più o meno luminosi; questi producono un'azione più o meno sentita sopra una cella di selenio, e le variazioni di corrente così ottenute agiscono in modo diverso alla stazione ricevente; e la trasformazione di questi impulsi elettrici, in punti luminosi, sì da ricostruire l'immagine trasmessa è appunto il lato debole del problema.

Hanno proposto metodi più o meno verosimili Dussaud, e Szczepanik (1897), il quale ultimo decompone l'immagine mediante specchi oscillanti ortogonalmente ed isocronicamente.

Recentemente è corsa sui giornali la notizia che Edison avrebbe risolto il problema della telettroscopia in modo realmente pratico, sì da venire applicato al telefono, per modo da poter anche *vedere*

Digitized by Google

la persona con cui si parla. Non so fino a qual punto si possa dar credito a tale notizia. Certo Edison conosce e studiò il selenio, e non mi stupirebbe che, se qualche cosa di vero vi è in tale notizia, la scoperta sia anche questa volta dovuta alle sue proprietà caratteristiche.

Ma lasciamo questo campo teorico e fantastico per venire ad uno molto più pratico e reale: e cioè alle applicazioni del selenio ai *relais* automatici. Le variazioni di resistenza del selenio, o meglio delle celle di selenio, sotto l'influenza della luce sono sufficienti per influenzare un *relais,* così da ottenere le più disparate azioni meccaniche mediante l'azione indiretta della luce.

Bidwell per primo (nel 1890) costruì un apparecchio costituito da una cella di selenio, una batteria ed un *relais,* in cui il *relais* agiva sopra un campanello elettrico. Allo spegnere di un becco a gas che illuminava la cella di selenio, il campanello era immediatamente messo in azione e continuava a suonare fino a nuova accensione della lampada. Apparecchi analoghi furono poi costruiti da Clausen e da Ruhmer. Più tardi avrò occasione di parlare di un altro apparecchio automatico, cioè della boa-pintsch a cella di selenio. L'ing. Hammer nella sua nota conferenza sul radio e sul selenio, fece parecchi esperimenti di questo genere: tra gli altri egli riuscì ad incamminare e fermare a volontà, semplicemente mettendo la mano tra una cella di selenio ed una lampadina elettrica, e togliendola, un ventilatore elettrico, ed un motorino elettrico di 3 P. S.

L'apparecchio che hanno qui sott'occhio è appunto un *relais* del Ruhmer; la cella di selenio è una cella sistema « Ruhmer » chiusa nel vuoto.

Il *relais* è regolato in una posizione di equilibrio tale che al semplice variare della resistenza del selenio viene inviata o soppressa nella bobina dell'elettromagnete una tenue corrente sufficiente ad attirare o a liberare l'ancora del *relais* e conseguentemente ad interrompere od a chiudere il circuito della lampadina. Per cui accendendo la lampada, la resistenza della cella di selenio diminuisce; nella bobina allora passa la corrente della piccola batteria (c.ª 15 volts) qui annessa; allora l'elettromagnete funziona, attrae l'ancora ed interrompe il circuito della lampada; la lampada si spegne; ma allora la resistenza del selenio torna ad aumentare; la corrente nella bobina non è sufficiente per tenere l'ancora del *relais;* questa è liberata e torna a chiudere il circuito della lampadina, che torna ad accendersi ed il giuoco incomincia da capo. Regolando anche la

Digitized by Google

distanza tra la lampadina e la cella di selenio possiamo ottenere un succedersi più o meno rapido delle accensioni.

Se ora invece della lampadina metto nel circuito del *relais* una suoneria elettrica, ed illumino la cella di selenio con una sorgente di luce indipendente, la suoneria si mette a suonare ogni qualvolta la luce di questo fanaletto ad acetilene colpisce la cella di selenio; come un dispositivo di questo genere possa servire da avvisatore automatico d'incendio è ovvio e superfluo spiegare.

Se finalmente metto in circuito questo ventilatore elettrico, è sufficiente ch'io metta la mano tra la sorgente luminosa e la cella di selenio per incamminare il motorino, e tolga la mano per farlo fermare.

Gillet propose di usare una cella di selenio per registrare i segni del telegrafo ottico.

Wilson, di Philadelphia ha recentemente (1900) patentato un apparecchio, col quale si registrano mediante una cella di selenio ed un tubo di Geissler i segni inviati da una stazione lontana.

L'Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft di Berlino ha costruito un commutatore automatico per accumulatori, in cui un voltometro è disposto in modo che la lancetta ha la forma di un disco, con una fessura radiale, ed è girevole sopra a due celle di selenio. Quando la rete ha una tensione normale, il disco copre entrambe le celle di selenio; quando avviene un'oscillazione nella tensione il disco gira in un senso o nell'altra, in modo che la fessura viene a porsi di fronte ad una delle celle di selenio e permette alla luce esterna (lampadina elettrica) di penetrare e di influenzare la cella di selenio. Questa fa agire un *relais* che in modo adeguato toglie o inserisce un accumulatore della batteria e ne regola il potenziale.

T. Bolton di Fall River (Stati Uniti d'America) ha recentemente (1902) preso un brevetto per copiare sopra una striscia senza fine il campione disegnato per le macchine di Jacquard, e quindi perforare i cartoni.

In un altro apparecchio la proprietà della cella di selenio è adibita nientemeno che alla scelta dei chicchi chiari di caffè, da quelli scuri; un qualche cosa di simile potrebbe consigliarsi per la scelta dei sigari!

Finalmente fu proposto di far agire un *relais* automatico sopra un motorino, per sollevare od abbassare le tende delle vetrine, a seconda se vi batte il sole e non, per accendere la lampade nelle medesime, allo scendere dell'oscurità, ecc.

E veniamo alla telefonia senza filo.

Digitized by Google

Alex. Graham Bell, circa 20 anni fa, fece un'interessante esperienza col suo « radiofono » in cui un diaframma di mica o vetro, ricoperto con un foglio d'argento, veniva usato a riflettere un potente fascio luminoso sopra una cella di selenio, posta nel fuoco di un riflettore d'argento. La cella di selenio era connessa con un paio di telefoni ed una batteria. Nel dorso del diaframma era fissato un tubo flessibile con un bocchino, in cui si poteva parlare. Le onde sonore causando vibrazioni nel diaframma, questo mandava pulsazioni di luce contro la cella di selenio, originando variazioni di resistenza in quest'ultima, udibili nel telefono connesso.

Più tardi Bell si servì delle oscillazioni termiche prodotte nell'arco per mezzo di un microfono, per creare un nuovo sistema di telefonia senza filo, che esibì all'Esposizione di Chicago del 1893. L'apparecchio ricevitore qui consisteva in un tubetto di vetro rigonfiato a forma di sfera ad un capo, in cui era introdotta una pallina di sughero annerita con carbone. Questa pallina vien posta nel fuoco dello specchio parabolico di recezione, e l'altro capo del tubo, che è aperto, viene attaccato ad un tubo uditorio di gomma. Però la riproduzione dei suoni con questo metodo è molto più debole di quella che si ottiene colle celle di selenio.

Nel 1898, il prof. Simon, dell'Università di Gottinga, scoprì che una lampada ad arco, il cui circuito era collocato vicino ad un circuito telefonico, era posta in sensibile vibrazione, e pensò di sovrapporre i due circuiti, ottenendo così la famosa lampada ad arco cantante, perfezionata poi da Mr. W. Duddel. Gli stessi esperimenti possono venir replicati coll'aiuto dei tubi di Aron, Hewitt e Weintraub. La teoria espressa sui fenomeni dell'arco parlante è che le variazioni della corrente producano variazioni di temperatura dell'arco, ed il cambiamento d'effetto Joule, produca una variazione corrispondente nel volume dei gas conduttivi dell'arco.

Però gli esperimenti più riusciti sono senza dubbio quelli di Ernesto Ruhmer, il quale impiegò le sue celle di selenio in unione all'arco cantante, pel suo telefono senza filo. Ultimamente Ruhmer riuscì a parlare col suo telefono senza filo a più di 15 km. di distanza. Egli impiegò una lampada ad arco con un arco voluminoso di circa 10 mm., una corrente di 220 volts e 4-5 ampères per distanze di 1-2 km., 8-10 ampères per 3-4 km. e 12-16 amperès per 5 a 7 km. La resistenza della sua cella di selenio era di circa 120,000 ohms allo scuro, e 600 alla luce del sole. Il trasmettitore consiste in un microfono « carbon-transmitter » ed una batteria, in modo da sovrapporre le onde al circuito della lampada ad arco; il fascio di luce è

Digitized by Google

mandato ad un punto lontano, ove è ricevuto da un riflettore parabolico; nel suo fuoco è posta la cella di selenio in connessione con una batteria e due telefoni molto sensibili. Gli esperimenti del Ruhmer riescirono di notte e di giorno ed anche con tempo nebbioso e piovoso. È degno di nota ch'egli fu invitato a fare esperimenti estesi sotto la direzione del Governo germanico.

Ora egli studia il modo di servirsi direttamente della luce solare per i suoi esperimenti di telefonia.

Bell, all'Esposizione di novità elettriche di Madison-Square Garden a New York, esibì un secondo sistema foto-telefonico, in cui era combinato l'arco parlante di Simon col ricevitore radiofonico descritto precedentemente, consistente in un tubo di vetro con filamenti di carbone. Potè parlare a 120 metri di distanza.

Sono note le forme di radiofoni in cui un fascio di raggi solari è intercettato da un disco opaco, perforato e girante più o meno velocemente, il quale produce una nota musicale più o meno alta in un tubo di gomma tenuto dalla parte opposta del disco. Fu ideato pure un apparecchio consistente in un disco con fessure regolari all'orlo e ruotante tra una lampada incandescente ed una cella di selenio. Collegando questa con una batteria ed un telefono saranno udibili suoni più o meno alti, dipendentemente dalla velocità di rotazione del disco. Se si fa ruotare il disco sull'albero di una qualunque macchina rotativa, e si connette una cella di selenio non con un telefono, ma con uno strumento ad ago, per esempio, un galvanometro, si potrà determinare la velocità di rotazione della macchina dalla deviazione dell'ago.

Sullo stesso principio sono fondati i flammofoni di Ruhmer e di Giltay. Si tratta di un generatore d'acetilene, il quale conduce il gas in una conveniente camera telefonica, il cui diaframma è fatto con pergamena od altra sostanza analoga, e che serve da trasmettitore.

Il dorso del telefono comunica mediante un sottile tubo di gomma con un becco a gas ad uno o tre becchi, posto dinanzi alla cella di selenio. Parlando contro la membrana telefonica, il gas vien posto in vibrazione e produce una fiamma manometrica, la quale agisce sulla cella di selenio e riproduce distintamente i suoni nei telefoni connessi con questa e con un'adattta batteria.

Una importante applicazione fu fatta dal Ruhmer alle lampade dei gavitelli a gas (*boe pintch*). Questi, per la loro distanza, non essendo facili ad essere spenti, vennero costruiti con un *relais* automatico a cella di selenio. Appena spunta il giorno, la cella di

Digitized by Google

selenio, ridotta la resistenza, lascia passare la corrente di una piccola pila, e chiude l'apertura del gas.

Appena viene scuro, la resistenza torna ad aumentare, la chiave del tubo del gas ritorna alla posizione primitiva ed il gas viene acceso con una scintilla elettrica. Così servirono per tre a cinque mesi gavitelli contenenti il gas necessario per un mese, nelle usuali condizioni. Parecchi di questi gavitelli vennero posti nel porto di Amburgo e funzionano perfettamente.

Il Ruhmer ha costruito un interessantissimo apparecchio, che egli chiamò il « fotografofono ». In breve: esso consiste in una scatola in cui ruota, attivato da un motore, un rotolo di pellicole fotografiche. Dinanzi alla scatola trovasi una lente, ed a poca distanza una lampada ad arco connessa con un telefono. Parlando o cantando nel telefono, si produce una variazione corrispondente nella luce dell'arco. I raggi passano attraverso la lente e cadono sotto forma di sottili linee orizzontali sulla pellicola fotografica. Questa viene sviluppata e mostra numerose striature più o meno vicine, secondo l'altezza dei suoni prodotti. Riposte sui rotoli le pellicole, si fanno scorrere nuovamente dinanzi alla fessura della scatola, lasciando la luce dell'arco come dianzi. La pellicola serve di schermo tra l'arco e la cella di selenio, la quale varia la resistenza secondo la frequenza delle striature della pellicola e riproduce nei telefoni del suo circuito esattamente i suoni prodotti nel telefono trasmettitore. Il Ruhmer pensa di utilizzare il suo fotografofono come di ricevitore nel suo telefono senza fili. Sono ancora degni di menzione gli esperimenti fatti dal prof. Barnard, il quale costrusse un apparecchio automatico per scoprire le comete, e dal Ruhmer che con una cella di selenio potè osservare un eclisse solare (il 31 ottobre 1902), di cui ottenne la curva della luce, mentre causa il mal tempo, nessuno fuori di lui fu in grado di fare osservazioni.

Può interessare di ricordare che si trova il selenio nelle lave del Vesuvio ed unito al solfo sotto forma di solfuro nelle isole Lipari. Si trova pure in Norvegia ed in certe piriti di ferro. Si trova nel ferro meteorico ed in certi metalli rari, come l'eucarite (seleniuro d'argento e rame, in Svezia e nel Chilì); la crooksite (seleniuro di rame e tallio con un po' d'argento, in Norvegia); la claustalite (seleniuro di piombo nel Hartz, nel Blausthal, in Sassonia, in Ispagna, nel Sud-America); la lehrbachite (seleniuro di mercurio e piombo, nel Hartz); la zorgite (seleniuro di rame e piombo, nel Hartz). Raramente lo si trova allo stato nativo.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vol. VIII. LUGLIO-AGOSTO 1904 Fasc. 4°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - 397, Corso Umberto I - ROMA

INDICE

COMUNICAZIONI.

N. 23. Sul sistema Oerlikon di linea e di presa di corrente monofase ad alta tensione per la trazione elettrica su ferrovie normali — Ing. A. LA PORTA (Milano). (*Con 16 figure*) . . . . . *Pag.* 331

„ **24. Rivelatore di Onde Hertziane a Campo Ferraris** — Prof. R. ARNÒ (Milano). (*Con 1 figura*) 354

„ **25. Lo Slittometro** — Ing. A. BIANCHI. (Milano). (*Con 6 figure*) 360

„ **26. Nuovo metodo ed apparecchio per la misura del fattore di potenza** — Ing. F. E. CARCANO (Milano). (*Con 4 figure*) 368

CONFERENZE.

„ **27. I moderni contatori di energia elettrica** — Prof. CARLO MONTÙ. (Napoli). (*Con 53 figure*) 376

NOTIZIE DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA.

SEZIONI. — **Verbali delle Sedute tenute nelle varie Sezioni** 45

Aggiunte all'elenco dei soci 49

AVVERTENZA. *I Soci che non avessero ricevuto il fascicolo precedente sono pregati di farne richiesta entro 15 giorni, in caso diverso non potranno ottenerlo che pagandone l'importo di L. 2.*

PROPRIETÀ LETTERARIA

ROMA

TIPOGRAFIA DELL'UNIONE COOPERATIVA EDITRICE

Via Federico Cesi, 45

1904

Digitized by Google

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - Corso Umberto I, 397 - ROMA

CONSIGLIO GENERALE.

Presidente: Prof. dott. Moisè Ascoli.

Vicepresidenti: Prof. ing. Luigi Lombardi - Prof. dott. Guido Grassi - Prof. ing. Luigi Zunini.

Segretario Generale: Ing. Riccardo Salvadori.

Cassiere: Ing. comm. Oreste Lattes.

Consiglieri rappresentanti le Sezioni di: **Bologna:** Ing. Enrico Cairo - Ing. Alfredo Donati; **Firenze:** Ing. Ernesto Corsini - Ing. Attilio Rampoldi; **Genova:** Ing. Giuseppe Cristoforis - Ing. Carlo Piaggio; **Milano:** Ing. Luigi Cauro - Ing. Domenico Civita - Ing. Emilio De Strens - Ing. Giuseppe Gadda - Ing. Alessandro Panzarasa - Ing. Alessandro Scotti; **Napoli:** Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero) - Ing. Guido Sarti; **Padova:** Prof. Ferdinando Lori - Ing. Gastone Treves de' Bonfili; **Palermo:** Prof. Damiano Macaluso; **Roma:** Ing. Emilio Costa - Ing. Federico Gentili - Dott. Riccardo Manzetti - Ing. Giuseppe Revessi; **Torino:** Ing. Emilio De Benedetti - Ing. cap. nob. Carlo De Sauteiron de St. Clément - Ing. Luigi Oliva - Ing. Raffaele Pinna.

CONSIGLI DELLE SEZIONI.

Bologna, Via Galliera, 14 - *Presidente:* Prof. Luigi Donati; *Vicepresidente:* Ing. Pietro Lanino; *Segretario:* Ing. Alberto Fabbri; *Cassiere:* Ing. Barnaba Lanino; *Consiglieri:* Prof. Silvio Canevazzi - Ing. Alberto Fabbri - Ing. Salvatore Mariani - Ing. Rinaldo Rinaldi - Ing. Angelo Silva.

Firenze, Via dei Benci, 10 - *Presidente:* Prof. Luigi Pasqualini; *Vicepresidente:* Ing. Giorgio Santarelli; *Segretario:* Ing. Alberto Picchi; *Cassiere:* Ing. Attilio Rampoldi; *Consiglieri:* Prof. Eugenio Bazzi - Ing. Pietro Molfino - Ing. Domenico Spallicci - Prof. Guido Vimercati.

Genova, Via David Chiossone, 7 - *Presidente:* Prof. ing. Sereno Antonio Rumi; *Vicepresidente:* March. ing. Giacomo Reggio; *Segretario:* Ing. Giovanni Anfossi; *Cassiere:* Cav. Saverio Audisio; *Consiglieri:* Ing. Carlo Appelius - Ing. cav. Gustavo Dosmann - Ing. Salvatore Galliano - Ing. Domenico Sertorio.

Milano, Via San Paolo 10 - *Presidente:* Ing. Angelo Bertini; *Vicepresidente:* Ing. Giacinto Motta; *Segretario:* Ing. Guido Semenza; *Cassiere:* Ing. Angelo Bianchi; *Consiglieri:* Prof. Ugo Ancona - Ing. Vittorio Arcioni - Ing. Ernesto Cirla - Prof. Francesco Grassi - Ing. Emanuele Jona - Ing. Luigi Magrini.

Napoli, R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri - *Presidente:* Prof. ing. Luigi Lombardi; *Vicepresidente:* Comm. prof. F. C. Paolo Boubée. *Segretario:* Ing. Luigi De Biase; *Cassiere:* Ing. Ernesto Sannia; *Consiglieri:* Cav. ing. Mario Bonghi - Comm. prof. Gaetano Bruno - Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Gustavo D'Orso - Ing. Guido Fano - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero).

Padova, R. Scuola Applicazione Ingegneri - *Presidente:* Prof. Ferdinando Lori; *Vicepresidente:* Conte ing. Amedeo Corinaldi; *Segretario:* Ing. Lorenzo Bigaglia; *Cassiere:* Prof. Giacinto Turazza; *Consiglieri:* Ing. Augusto Biagini - Ing. Emanuele Montagnini - Ing. Alessandro Moschini - Prof. Giuseppe Veronese.

Palermo, Via Macqueda, 175 - *Presidente:* Cav. prof. Stefano Pagliani; *Vicepresidente:* Cav. ing. Giuseppe Ottone; *Segretario:* Ing. Gaetano Buttafarri; *Cassiere:* Ing. Francesco Agnello *Consiglieri:* Cav. ing. Guglielmo Di Simone - Prof. Orso Mario Corbino.

Roma, Corso Umberto I, 397 - *Presidente:* Ing. Giovanni Giorgi; *Vicepresidente:* Prof. Quirino Majorana Calatabiano; *Segretario:* Ing. Filippo Fiorentini; *Cassiere:* Comm. ing. Oreste Lattes; *Consiglieri:* Ing. Ulisse Del Buono - Comm. Giovanni Dell'Oro - Dott. Giovanni Di Pirro - Comm. prof. Guglielmo Mengarini - Ing. cap. Carlo Vita-Finzi.

Torino, Galleria Nazionale - *Presidente:* Comm. ing. Vincenzo Soldati; *Vicepresidente:* Ing. Ettore Thovez; *Segretario:* Cav. ing. Enrico Sègre; *Cassiere:* Ing. Andrea Luino; *Consiglieri:* Comm. Federico Dumontel - Ing. Guido Fornaca - Prof. dott. Arturo Miolati - Ing. Paolo Prat - Ing. Emilio Silvano - Ing. Pietro Verole.

Digitized by Google

Vol. VIII. LUGLIO-AGOSTO 1904 Fasc. 4°

ATTI
DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SEDE CENTRALE — ROMA

COMUNICAZIONI E LETTURE

N. 23.

SUL SISTEMA OERLIKON
DI LINEA E DI PRESA DI CORRENTE MONOFASE AD ALTA TENSIONE
PER LA TRAZIONE ELETTRICA SU FERROVIE NORMALI

COMUNICAZIONE

tenuta dall' **Ing. A. LA PORTA** *alla Sezione di Milano nella seduta del 6 maggio 1904.*

La scomposizione, diciamo così, del problema di trazione elettrica ferroviaria coll'impiego di treni leggeri, più frequenti, più rapidi, per quanto abbia dato alla tecnica e per rapporto alla comodità del pubblico risultati preziosi, pure non può rappresentare che un adattamento parziale, un primo passo verso un'aspirazione più complessa e più organica quale dev'essere raggiunta con un'adatta soluzione per la marcia dei treni pesanti, dei treni merci, dei grandi treni internazionali, pei quali ultimi, in ispecie, è difficile concepire un servizio con unità frequenti e leggere.

Quando si pensa ai milioni che si trovano immobilizzati nelle aziende ferroviarie, non è forse azzardato l'affermare che sino a quando l'elettricità non sarà in grado di penetrare nel vasto campo ferroviario lasciando, almeno all'inizio, inalterate le organizzazioni e disposizioni esistenti, apportandovi quei vantaggi diretti, alla sua stessa natura inerenti, non potrà affermarvisi trionfatrice come è avvenuto in tante altre manifestazioni dell'attività industriale. Sino ad oggi, o nella formazione, o nel carico, o nell'armamento, o nel movimento, siamo stati costretti apportare variazioni anche sostanziali; abbiamo, per così dire, sacrificato qualche cosa del carattere ferroviario a vantaggio della elettricità; mentre, a nostro modo di vedere, almeno allo stadio iniziale, dev'essere questa a piegarsi con facilità e senza forti imposizioni alle esigenze ferroviarie.

Digitized by Google

Sotto queste vedute la Maschinenfabrik Oerlikon si è proposta di nulla toccare od il meno possibile ad un'attuale organizzazione ferroviaria nella sua forma più complessa e rendere possibile la trasformazione del servizio senza soluzioni di continuità.

Una parte abbastanza delicata ed essenziale della questione risiede negli elementi: linea e presa di corrente, che debbono servire all'alimentazione dell'organo di trazione, qualunque esso sia.

Gli studi della Maschinenfabrik Oerlikon sono stati rivolti nel

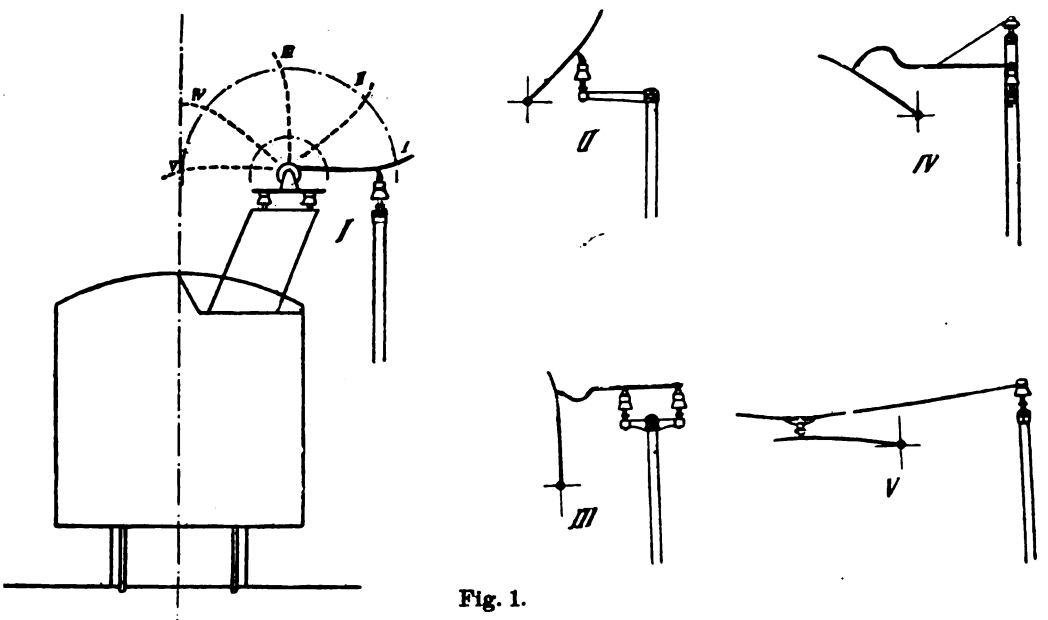


Fig. 1.

poter presentare un sistema di condotta inattaccabile dal tecnico ferroviario colle sue numerose esigenze, specialmente ai riguardi della continuità dei servizi, e dall'elettrotecnico in vista dell'impiego di una tensione elevata, che significhi, per entrambi: economia massima.

Esaminando le forme ed i mezzi sotto i quali oggi l'energia elettrica può essere trasmessa, senza dilungarci su di un punto oramai soverchiamente discusso ed accettato, nel caso di trazione ferroviaria, reso necessario l'impiego di una tensione elevata, la preferenza resta alla corrente monofase e alla condotta aerea.

La corrente continua impone limiti di tensione poco economici per un vero e proprio esercizio ferroviario; la corrente trifase impone condizioni di isolamento rese più difficili coll'alta tensione, impone disposizioni complicate di circuiti, spesso inconciliabili con l'armamento ferroviario e con le sagome obbligate.

Non vogliamo escludere, tra parentesi, che un possibile avvenire

Digitized by Google

possa anche essere riservato all'accumulatore, ma è certo che gli auspicî sotto i quali sino ad oggi si è presentato nella pratica ferroviaria, non autorizzano a stabilire a suo favore una esatta equazione di discussione.

Il sistema studiato e recentemente applicato dalla Maschinenfabrik Oerlikon tende a stabilire un legame continuo, il più intimo ed il più semplice possibile, tra la posizione del filo di linea aerea, l'organo di presa, la posizione di attacco di questo, il profilo della locomotiva e la sagoma ferroviaria, qualunque siano le accidentalità e le difficoltà della strada ferrata, con la maggior libertà di gioco tra tutti questi elementi.

***

L'organo di presa di corrente è costituito da una verga conduttrice di forma arcuata presentante la sua convessità contro il filo di linea verso il quale è spinta da una molla antagonista.

Questa verga è mobile in un piano perpendicolare alla direzione della via, attorno un asse fissato alla locomotiva per l'intermediario di un supporto isolante. La fig. 1 rappresenta schematicamente le differenti posizioni della verga di presa di corrente. Come si rileva, si può aver contatto da sopra o da sotto o verticalmente.

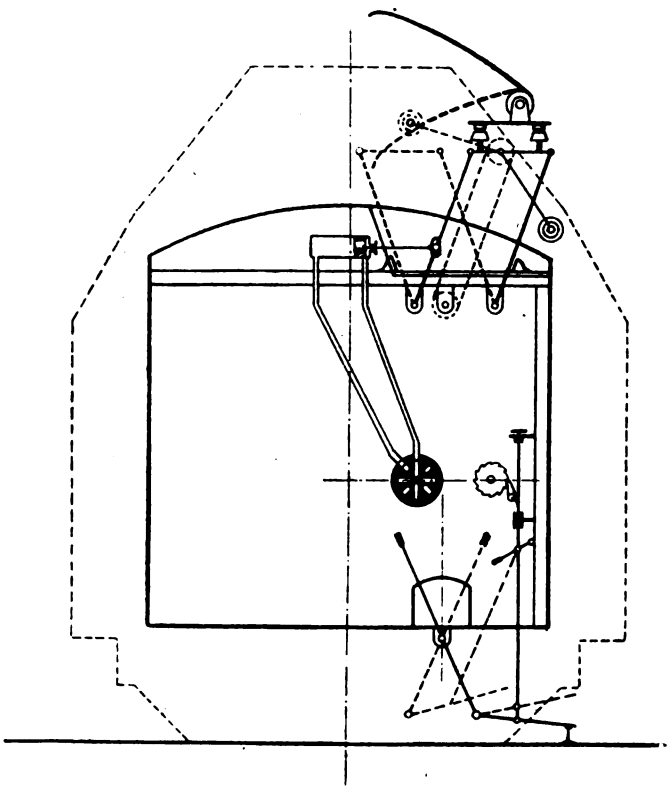


Fig. 2.

Il tipo di presa, originariamente studiato, consentiva, oltre al movimento della verga nel piano perpendicolare alla via, uno spostamento verticale del suo asse di rotazione al fine di adattarsi alle sagome più basse.

Studiando in seguito l'armamento per alcune gallerie a doppio binario, si potè constatare che il gioco verticale non era sufficiente,

Digitized by Google

si venne quindi all'impiego del parallelogrammo articolato (fig. 2), che può assumere, a mano o automaticamente, una forte inclinazione internamente o esternamente al profilo della locomotiva.

Tutti i movimenti dell'organo di presa sono automatici ed indipendenti gli uni dagli altri e si possono ottenere in ogni momento, anche a mano, dall'interno della locomotiva, sempre al coperto della tensione di esercizio.

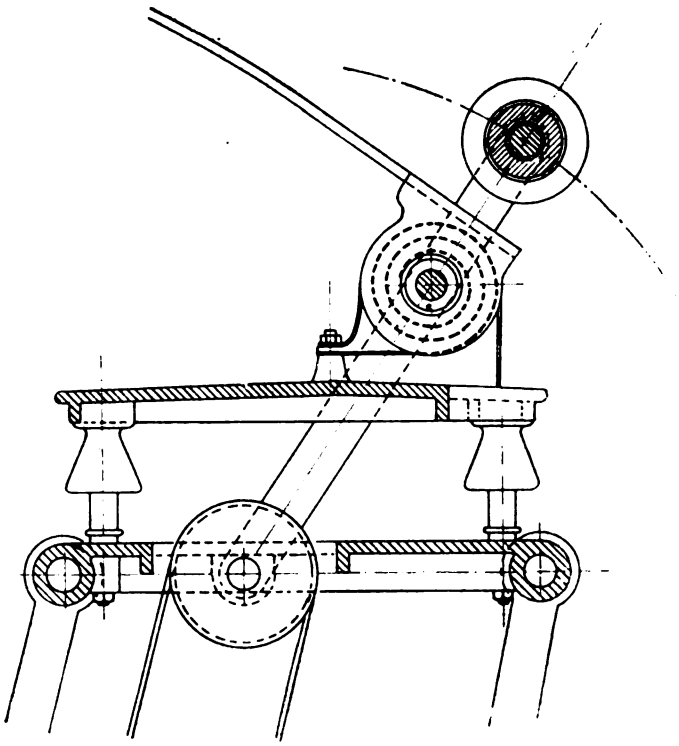


Fig. 3.

La manovra automatica del parallelogrammo avviene con l'ausilio di un pedale (fig. 2) scorrevole sopra una lamiera posta verticalmente ed esternamente al binario, in modo che aumenti d'altezza avvicinandosi al punto ove è necessaria la manovra del parallelogramma, all'ingresso di una galleria ribassata, per esempio. Viene così gradatamente sollevato il pedale sino all'altezza dovuta, dove agisce, a mezzo di un arpionismo, sulla distribuzione, a rotazione di $^1/_8$ di circonferenza, di un rubinetto ad aria compressa e quindi del cilindro ad aria, il cui stantuffo comanda il parallelogrammo articolato chiamandolo verso l'interno.

Si vede dalla figura stessa come si possa comandare anche a mano il movimento di arpionismo e si possa operare egualmente il sollevamento ed il ritiro del pedale.

La fig. 2 stessa e la fig. 3 indicano come si possano ancora operare a mano l'abbassamento, il ritiro e la messa in azione della verga di contatto. Si comanda dall'interno della locomotiva e per l'intermediario di un albero orizzontale e di due rotismi a catena,

Digitized by Google

la rotazione di un braccio di presa su cui è infilato un isolatore a manicotto che, quando si voglia, viene ad appoggiare sulla verga guidandola al posto che deve occupare.

***

Punto fondamentale della linea aerea Oerlikon è quello di seguire tutte le accidentalità del tracciato ferroviario adattandosi la linea a

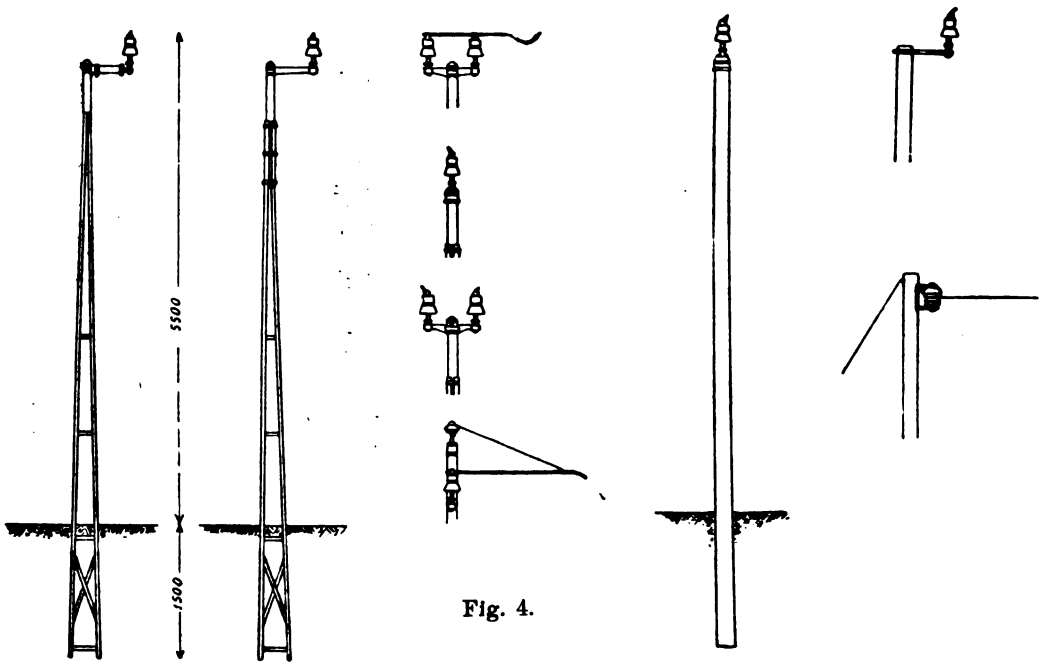


Fig. 4.

questo e non viceversa ed in modo che possa essere installata in ogni momento senza disturbare l'esercizio ordinario.

Così nei tronchi aperti, liberi, che costituiscono la parte preponderante di un tracciato, la linea aerea viene montata lateralmente al binario (posizione 1, fig. 1).

Per gli scambi: soppressi tutti i pezzi di scambi aerei, l'asta di contatto passa gradatamente dal filo di un binario all'altro di un altro binario per posizioni successive nel movimento di rotazione al quale è costretta dal successivo spostamento del filo. Si capisce che lo spostamento del filo è ottenuto adoperando successivamente pali con mensole più o meno sporgenti (fig. 1, posizione II, III, IV e fig. 4) sino ad arrivare, ove occorra, alla posizione assiale dove il filo è mantenuto da tiranti trasversali (fig. 1, posizione V).

Digitized by Google

Così per le gallerie, ponti, ecc., in tutti i profili a sagome molto obbligate, si passa sempre gradatamente dalla posizione laterale alla posizione assiale, ad un'altezza, ove occorra, molto ridotta dal piano del ferro, realizzando in questo modo una caratteristica semplice e importante con la riunione della presa in linea normale ai vantaggi che offre l'archetto ordinario.

La figura 5 indica le posizioni successive all'ingresso di una stazione.

La fig. 6 indica l'isolatore adottato per pali laterali: è costituito da un'ordinaria campana di porcellana che alla parte superiore sostiene la cuffia di ghisa col reggi-filo in bronzo; con l'intermediario di un tubo di porcellana l'asse è portato dalla cappa di ghisa fissata alla testa del palo. Isolatori così fatti sono stati provati durante l'esercizio di prova ad Oerlikon a 30,000 volt nello stato umido, mantenuti sotto diverse condizioni meteorologiche a 16,000 volt senza inconvenienti, hanno funzionato per lungo tempo in piena regola sotto la tensione di regime di 13,000 volt.

Tutte le parti di questo isolatore sono facilmente ricambiabili.

Per le sospensioni trasversali si adotta il tipo della fig. 7 sempre col criterio che è preferibile assicurare l'isolamento al palo, alla parte fissa, e lasciare sotto tensione il tirante, anzichè collocare dei pezzi isolanti sospesi.

Un armamento così fatto permette di adottare nelle stazioni, nei passaggi a livello, negli attraversamenti pericolosi delle disposizioni semplicissime di

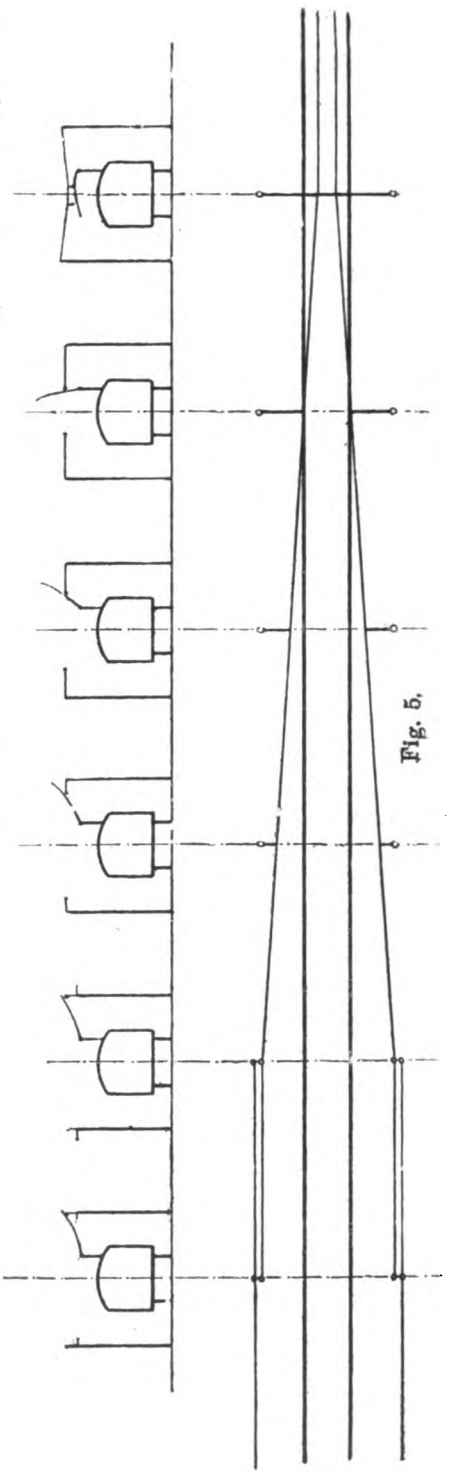


Fig. 5.

Digitized by Google

interruzione e di protezione, in virtù delle quali si resta assolutamente garantiti dalla tensione elevata.

Lo schema di una di queste disposizioni adattabile per un passaggio a livello si ha nella fig. 8.

A B rappresenta una delle solite linee per attraversamenti stradali ad alta tensione, montata su pali alti con apposita rete di protezione all'attraversamento stradale.

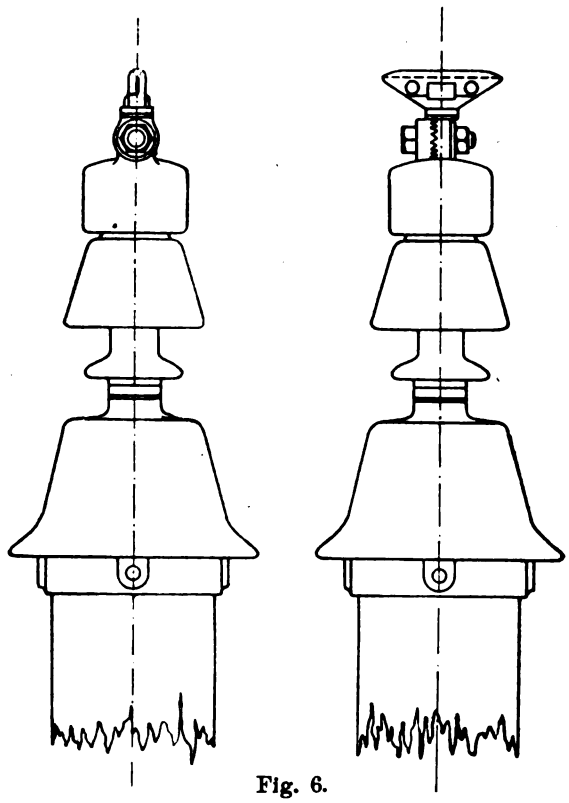


Fig. 6.

Questa linea ordinaria è derivata nei punti *C D* dal filo di contatto; tali punti sono scelti, naturalmente, a dovuta distanza dal passaggio che si vuol proteggere, per esempio dal passaggio a livello segnato con le barriere *GH, LM*. Aperto l'interruttore *N* la sezione *E F* di contatto è perfettamente isolata.

Si chiude l'interruttore, anche con dispositivo automatico, contemporaneamente alla chiusura delle barriere, al momento del passaggio del treno.

Il legame tra le diverse sezioni del filo di linea, o del filo della via libera a quello della via in stazione si fa sempre a mezzo di un raccordo obliquo delle linee sotto un angolo quanto più acuto, tra due punti di appoggio.

Se le due sezioni successive sono rilegate alla stessa sorgente di corrente come ai punti *E* ed *F*, il passaggio dell'organo di presa da una sezione all'altra, avviene senza urti e senza produzione di scintille, malgrado che queste estremità siano qualche volta distanti solo 30 a 50 cm.

La locomotiva è munita di due organi di presa, per lo meno, distanziati quanto più è possibile, la sostituzione della verga si fa rapidamente manovrando la vite di serraggio (fig. 3).

Digitized by Google

In virtù della disposizione laterale del filo di contatto, anche le linee ad un solo binario possono essere munite di un conduttore da ciascun lato; uno solo dei due può essere ordinariamente in servizio, formando una riserva reciproca in caso di difetto dell'altro.

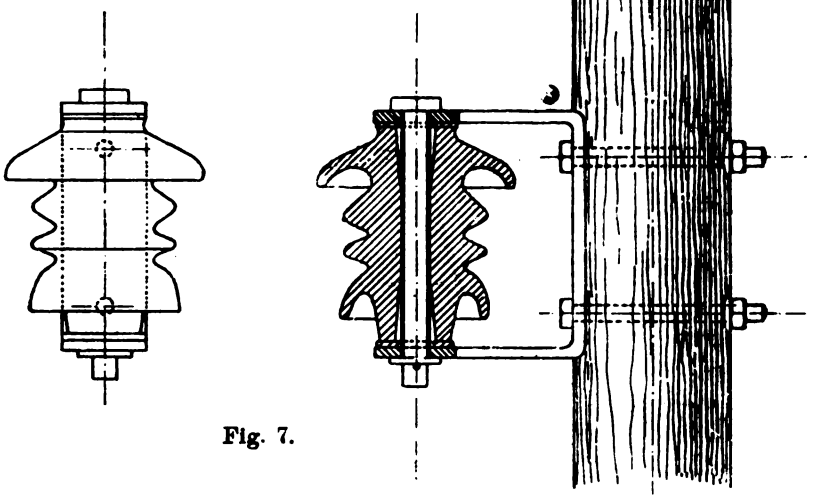


Fig. 7.

Nelle stazioni, al fine di poter senza manovre speciali funzionare con la presa situata a destra o a sinistra per rapporto alla direzione

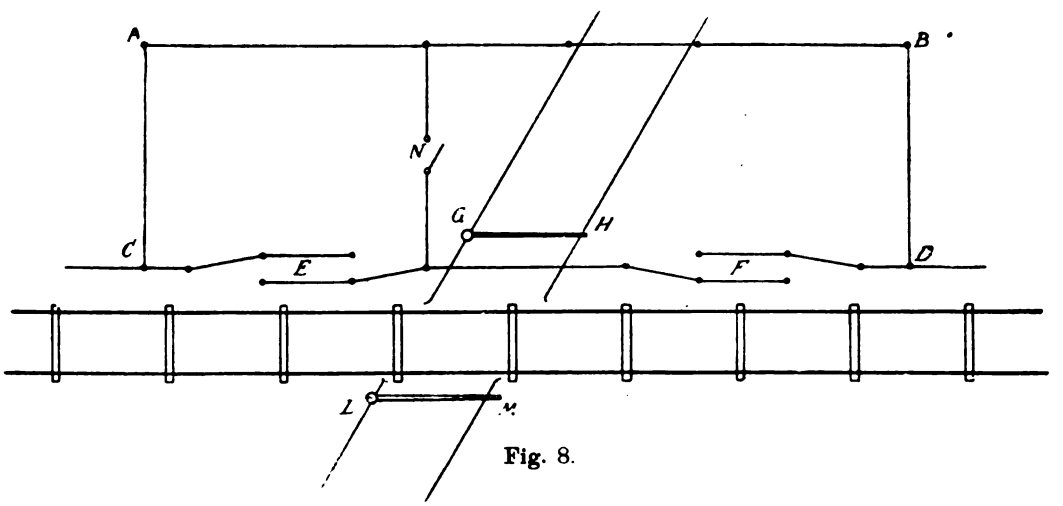


Fig. 8.

del movimento, si avranno due fili di linea riuniti in modo che si possa passare dall'uno all'altro; si evita così che il treno il quale

Digitized by Google

si è servito del filo di riserva debba arrestarsi prima di entrare in stazione per riprendere il filo abitualmente utilizzato.

Si potrebbe sviluppare tutta una serie di posizioni per mostrare come si possa condurre il filo di linea attraverso le differenti difficoltà di un profilo ferroviario senza alcun legame fra queste e quello e senza restrizioni dannose per la semplicità o la sicurezza.

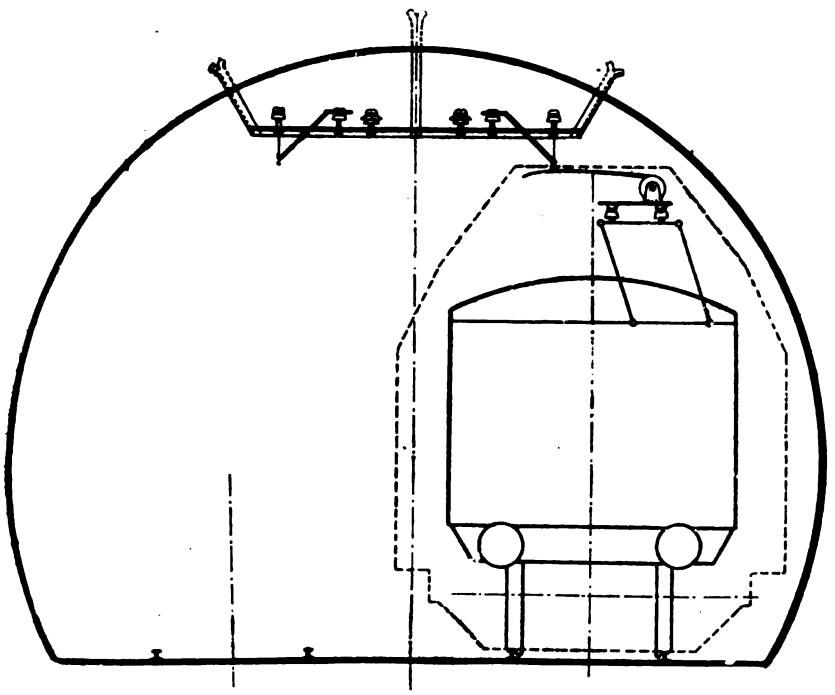


Fig. 9.

Nelle gallerie ad un solo binario, i due fili di linea sono disposti alla parte superiore, simmetricamente all'asse; nelle gallerie a doppio binario (fig. 9) sono sospesi secondo gli assi dei due binari a mezzo di una leggera costruzione in ferro, in modo che essi siano consolidati nella loro posizione reciproca, pur conservando una certa flessibilità e con tre organi di fissaggio indipendenti l'uno dall'altro, che impediscono la loro caduta.

Con due sole linee di contatto è possibile farne funzionare in ogni tempo una come riserva, anche per le linee a doppio binario, ciò in virtù di un carrello ausiliare che permette al treno, servendogli da intermediario, di pigliar corrente dal filo esterno al binario laterale.

Digitized by Google

La necessità di un tale apparecchio s'impone quando una interruzione di linea, alla quale non si può immediatamente rimediare, costringe l'arresto di un treno; in tal caso, segnalato il guasto alla stazione più vicina, vien subito mandato sul posto il carrello ausiliario che marcerà parallelamente al treno, per quel tratto dove la sezione di contatto normale è stata interrotta, servendo quivi da intermediario per la presa di corrente ordinaria.

***

Notiamo che, ove si voglia, nelle stazioni, si può utilizzare solo corrente a bassa tensione; la locomotiva in tal caso dovrebbe avere un'apposita presa ad archetto per bassa tensione ed il passaggio da un filo all'altro avverrebbe gradatamente per una semplice manovra fatta sulla locomotiva all'entrata in stazione ed in modo che l'interruzione di un circuiro ad alta tensione e la presa dall'altro a bassa non arrechino nessuna perturbazione sul regolare funzionamento degli organi di trazione.

Pur non ricorrendo ad una simile disposizione si può, in ogni caso, per ragioni di sicurezza assoluta, appena passato il treno, a mezzo di appositi interruttori comandati anche a distanza, escludere completamente l'alta tensione dal circuito della stazione.

Si capisce come con procedimenti analoghi possa esser bloccato facilmente qualsiasi treno in movimento.

Nella fig. 10 mostriamo il sistema d'installazione che può essere adottato per una stazione e per una linea a semplice binario.

La conduttura di presa segnata con linee piene, all'ingresso E in stazione come all'uscita, trovasi isolata dalle linee esterne $L\,R$, ne segue che con l'apertura dell'interruttore A tutte le linee interne pei binari di stazione restano isolate mentre continuano a restare sotto tensione le linee di presa esterne. Il capo stazione con la manovra anche a distanza degli interruttori C e B da una parte e $C'\,B'$ dall'altra, può bloccare i treni trovantisi sulle sezioni adiacenti alla stazione.

Parecchi dispositivi di segnalazione di guasti e difetti d'isolamento sono stati studiati e si trovano in esperimento, uno semplicissimo è applicabile ai pali: la cappa dell'isolatore è collegata ad un apparecchio elettro-magnetico che entra in azione appena avviene un difetto d'isolamento, mettendo a terra tutto l'isolatore, quindi la sezione di linea e mettendo in azione un disco o un fanale segnalatore del difetto.

Digitized by Google

*
* *

Dal punto di vista meccanico: il filo è solidamente fissato ai morsetti che nella maggior parte del percorso lo tengono a pressione, ed è sollecitato dall'alto al basso; la massa della verga è piccolissima, appena $^1/_8$ di quella di un archetto ordinario; lo sforzo meccanico al quale il conduttore è sottoposto è molto minore di quello che si ha con tutti gli altri sistemi di presa.

L'impiego della tensione elevata, 15,000 volt, che riduce di conseguenza l'importanza delle intensità di corrente, porta alla possibilità di adottare nella presa masse di sezione limitate e quindi alla leggerezza massima consentita dalle ragioni di sicurezza, di resistenza e d'isolamento.

La conduttura per la sua semplicità di montaggio, per la semplicità dei pezzi di sostegno, degli appoggi ai pali, ecc., presenta poca o nessuna presa alla pressione del vento o della neve.

Le esperienze fatte tra Oerlikon e Seebach, in un periodo di rigido inverno, hanno assodato che il gelo tende ad accumularsi sulla superficie inferiore dei conduttori di linea; avendosi il contatto dalla superficie superiore, anche da ciò, resta eliminato un inconveniente che, in certi paesi, potrebbe assumere proporzioni gravi.

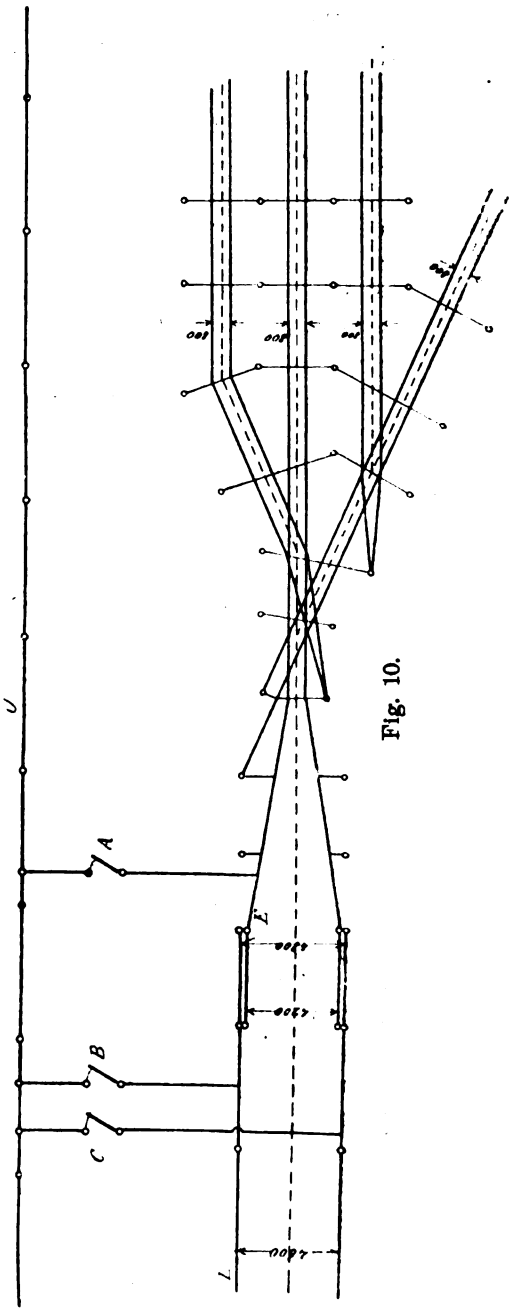


Fig. 10.

Crediamo utile doverci fermare un istante sulle possibili trepidazioni orizzontali e verticali alle quali può essere sottoposta la verga di contatto a determinate velocità di corsa.

Digitized by Google

Non neghiamo anzitutto che un fattore importantissimo al riguardo è dovuto all'armamento stradale della linea ferroviaria e questo fattore sfugge a qualsiasi calcolo ed a qualsiasi ipotesi; non vi ha che l'esperienza che possa far giudicare della sua importanza e della sua influenza.

Comunque, però, ci sembra che gli effetti delle trepidazioni non debbano essere notevoli ed apprezzabili se si pensa che da una parte, ai riguardi delle trepidazioni orizzontali, anche per ragioni di riserva, si prevede sempre l'impiego di due prese per filo di contatto e non si può concepire un perfetto sincronismo nelle interruzioni delle due prese; si aggiunga che per ragioni meccaniche, per ragioni di forza viva e d'inerzia, le trepidazioni orizzontali saranno meno sensibili quanto maggiore sarà la velocità di corsa.

D'altra parte, in quanto ai saltellamenti verticali della verga, inerenti più dei primi all'armamento stradale ed all'armamento di linea, si osservi che la verga ha un momento d'inerzia piccolissimo (il suo peso è di 1300 gr. ed agisce sul filo con un braccio di 925 mm. circa) e che ad essa si può dare quella rigidità che si vuole e quella pressione necessaria regolando convenientemente la molla di spinta.

Un calcolo molto semplice che, per le ragioni premesse, non può essere interpretato come assoluto, ma che pure conduce ad un resultato relativo molto significante, mostra fin dove sono teoricamente apprezzabili i saltellamenti verticali della verga nei punti più difficili a diverse velocità di corsa, dato sempre un armamento ferroviario eseguito a perfetta regola d'arte.

Consideriamo il passaggio della verga sopra un punto di appoggio.

Sia y la distanza verticale percorsa dal punto di contatto sulla verga al passaggio pel punto di appoggio, sia X la distanza orizzontale percorsa dal treno durante il tempo in cui il punto di contatto compie l'altezza y; in altri termini durante il tempo che passa fra il punto di appoggio e la ripresa del contatto. Sia X contata nel tempo t a partire dal punto di appoggio ed alla velocità del treno V metri al secondo. Sia ancora D la pressione esercitata dalla verga (peso e molla circa 3000 grammi).

Sia C il braccio di leva dell'asta di contatto 925 mm. circa, e Θ il momento d'inerzia dell'asta di contatto per rapporto all'asse di rotazione. Sia ancora a l'accelerazione del punto di contatto, si ha

$$\Theta = M C^2 \text{ dove } M = \frac{D}{a}$$

quindi

$$\Theta = \frac{D C^2}{a}$$

Digitized by Google

La velocità del punto di contatto nel tempo t è $v = at$ e sostituendo

$$r = \frac{D\,C^2\,t}{\theta}$$

Ma lo spazio verticale y, percorso dal punto di contatto nel tempo t è dato dalla

$$y_1 = \int_0^t a\,t\,dt = \frac{a\,t^2}{2} = \frac{D\,C^2\,t^2}{2\,\theta}$$

Si osservi intanto che per rapporto alla distanza orizzontale X è

$$t = \frac{X}{V}$$

quindi finalmente

$$y_1 = \frac{1}{2}\,\frac{D\,C^2}{\theta}\,\frac{X^2}{V^2}$$

Assumiamo per V i valori

$V =$	5	metri	al 1″	(10	km.	ora)	ne viene $y_1 = 0.588\,X^2$
$V =$	10	»	»	(36	»	)	» $y_1 = 0.147\,X^2$
$V =$	15	»	»	(54	»	)	» $y_1 = 0.065\,X^2$
$V =$	20	»	»	(72	»	)	» $y_1 = 0.037\,X^2$

Supponiamo la distanza tra due appoggi consecutivi di 30 metri e la freccia massima di 17 centimetri.

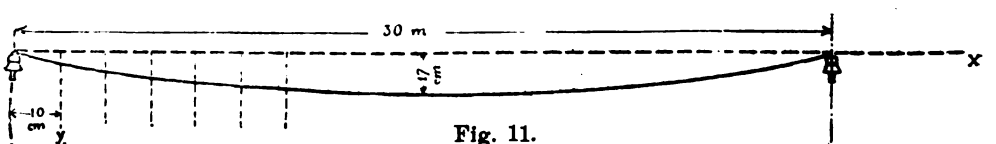


Fig. 11.

Scomponiamo la distanza tra i due appoggi in segmenti di 10 in 10 cm. e misuriamo le ordinate reali y_2 della curva che assume il filo tra gli appoggi corrispondentemente ai punti di ascissa 10 cm., 20 cm., 30 cm., 40 cm., ecc., da un punto di appoggio considerato come origine (fig. 11). Questi valori sono registrati nella 2ª colonna del quadro seguente.

Digitized by Google

Risolviamo l'equazione di sopra per $x =$ m. 0.10, $x =$ m. 0.20, $x =$ m. 0.30, ecc., i valori di y che si ottengono sono registrati nelle colonne 3ª e 4ª rispettivamente per le velocità di 5 e 10 metri al 1″.

X metri	10 m. portata 17 cm. freccia y_2 metri	$v = 5$ m al 1″ $y_1 = 0.588\ X^2$	$v = 10$ m. al 1″ $y_1 = 0.147\ X^2$
0.1	0.0021	0.0059	0.0015
0.2	0.0049	0.0235	0.0059
0.3	0.0072	0.0528	0.0132
0.4	0.0090	0.0940	0.0235

Lo stesso procedimento per una portata di 20 a 25 metri tra i due appoggi dà i valori registrati nel quadro seguente:

X metri	20 a 25 m. corda 9 a 15 cm. freccia y_2 metri	$v = 15$ metri 1″ $y_1 = 0.065\ X^2$	$v = 20$ metri al 1″ $y_1 = 0.037\ X^2$
0.1	0.0020	0.00065	0.00037
0.2	0.0047	0.00260	0.00148
0.3	0.0069	0.00585	0.00333
0.4	0.0087	0.01040	0.00592
0.5	0.0103	—	0.00925
0.6	0.0116	—	0.01332

Risulta da questi valori che alla velocità di 5 metri al 1″, teoricamente, resterebbe ripigliato il contatto ad una distanza inferiore ai 10 cm. dal punto di attacco, alla velocità di 10 metri al secondo ad una distanza di circa 15 centimetri; a 15 metri al secondo a circa 35 cm., a 20 metri al secondo a circa 25 cm.

Il tempo d'interruzione sarebbe, per la velocità di 15 metri al secondo, di circa 23 millesimi di secondo.

Si osservi che per la natura stessa dell'armamento di linea non si può ammettere esattamente l'applicazione dell'equazione di sopra che è quella della parabola e piuttosto bisognerebbe trattare la curva di flessione come di un conduttore incastrato tra due appoggi. Si dovrebbe avere quindi un contatto ad una distanza anche inferiore

Digitized by Google

ai valori ottenuti di sopra, applicando strettamente la equazione della parabola.

*
* *

Il ritorno della corrente si effettua normalmente per le rotaie elettricamente connesse coi soliti giunti di rame. E qui, per i lunghi percorsi ferroviari, spesso paralleli a condutture telegrafiche o telefoniche, sorge un'obbiezione importante dovuta alla forte resistenza apparente che si viene a creare in circuito e che induce la corrente a seguire altre vie vicine più comode, di minore resistenza.

La caduta di tensione nelle rotaie si mantiene entro limiti ammissibili, inferiori alla caduta che si ha per la sola andata nel filo aereo, per frequenze da 15 a 25 periodi, quindi, quando si adotti una bassa frequenza, non è lecito rinunciare ai vantaggi tecnici ed economici che si hanno del ritorno per le rotaie.

L'applicazione delle basse frequenze non può essere d'altra parte oppugnabile in un impianto di trazione ferroviaria che richiederà, in generale, stazioni generatrici *ad hoc,* visti i vantaggi che presenta per rapporto agli effetti d'induzione, alla costruzione e funzionamento dei motori, vantaggi che compensano largamente le maggiori spese pel macchinario e per i trasformatori.

Ammettendo un solo filo di 8 millimetri di diametro una corrente di 100 Amp, frequenza 15 periodi al 1″, rotaie di 27 kg.; la caduta totale di tensione raggiunge 39 volt per km.

Con due linee di 8 mm. di diametro si arriva a 22 volt.

In ogni modo, indipendentemente da ciò, ad ovviare gl'inconvenienti dovuti all'aumento di resistenza apparente, agli effetti di induzione e di mutua induzione, la Maschinenfabrik Oerlikon ha studiato un dispositivo che chiameremo di compensazione, applicabile con serio vantaggio alle lunghe linee ferroviarie.

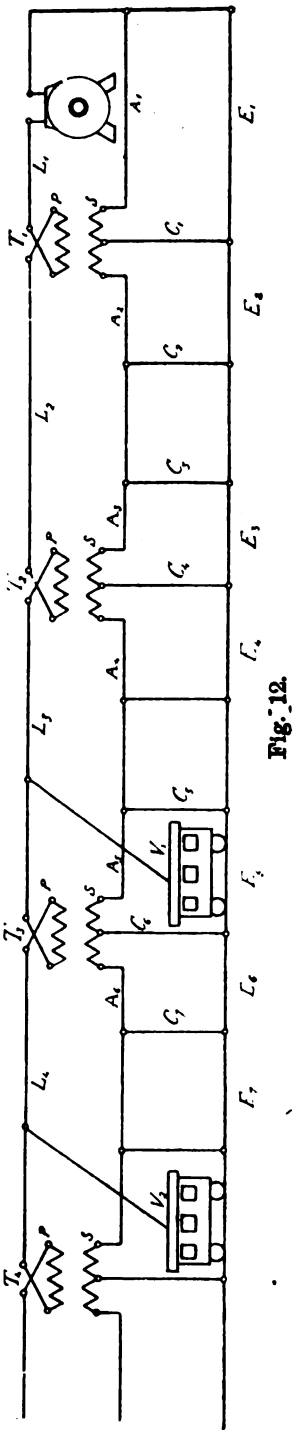


Fig. 12.

Digitized by Google

Parallelamente alla linea di contatto L_1 L_2 L_3 viene montato, su isolatori ordinari, un filo di rame nudo A_1 A_2 A_3 connesso a convenienti intervalli, con le rotaie a mezzo dei conduttori C_1 C_2 C_3, ecc., (fig. 12).

Supposta tutta la linea divisa in un certo numero di sezioni, ogni sezione contiene un trasformatore T, il di cui primario P è inserito in serie nella conduttura di alimentazione, mentre il secondario S resta inserito in serie sulla conduttura ausiliare.

L'azione dei trasformatori così situati dipende dalle diverse posizioni dei treni, in modo che la corrente che passa dalla locomotiva alle rotaie non produce la caduta di tensione totale corrispondente che su un settore breve quanto si voglia, mentre che nei settori

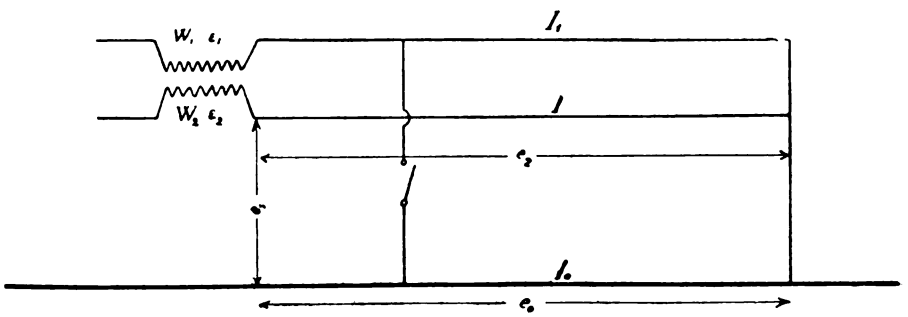


Fig. 18.

vicini non si produce che una differenza di potenziale teoricamente piccola quanto si voglia.

La caduta di potenziale è ridotta pel fatto che si viene ad introdurre nella condotta di ritorno una forza contro elettromotrice opposta alla caduta nella linea di alimentazione.

Ammesso un sol treno V_1, per esempio, in marcia, la corrente presa in L_3 passa nel primario di T_2 e induce in S una forza elettromotrice proporzionale all'intensità della corrente ed alle dimensioni del trasformatore; questa forza elettromotrice può risultare, per un carico determinato, teoricamente eguale, o quasi, in grandezza, a quella che corrisponde alla perdita di tensione nel settore della condotta di ritorno del settore di compensazione, ma sarà direttamente opposta a quest'ultima.

La corrente proveniente da V_1 è dunque, pel fatto della presenza di una forza elettromotrice opposta nel settore E_4 condotta per la connessione C_5 e forzata a passare, in più o meno gran parte, per A_4.

Digitized by Google

Se un secondo treno V_2 si trova in marcia sul filo di linea L_4 la corrente richiesta passa per T_3 e determina il ritorno della corrente di E_7 per C_7 verso A_6; solo una frazione poco importante continua a passare per E_6, ed essendo tutto predisposto in guisa che per rapporto al treno V_1 il conduttore C_6 resti inattivo, o quasi, la differenza di potenziale prodotta in E_5 vien diminuita come quando il trasformatore non fosse traversato da corrente.

Diamo, nella tabella qui sotto, i risuttati di una serie di esperienze eseguite in proposito ad Oerlikon e che mostrano l'efficacia del dispositivo:

	W_1	W_2	I	I_1	I_0	e_1	e_2	e_0	ε_1	ε_2
			Ampères			Volts			Volts	
1	0	0	100	0	100	50	22	30	0	0
2	0	0	100	66	34	21	21	10	0	0
3	10	10	104	80	24	36	30	6	10	7
4	10	5	50	40	9,5	20	20	—	102	8
5	5	5	100	70	32	31	25	8	2	1
6	23	20	100	96	4	—	—	1	26	24
7	15	10	50	48	4	22	—	—	15	8

La corrente monofase della quale si disponeva era alla frequenza di 50 periodi al 1″, e le esperienze furono condotte, per semplicità, riunendo in un estremo la linea di alimentazione, il conduttore ausiliare e le rotaie, l'altro estremo veniva alimentato da corrente a bassa tensione (fig. 13).

Sono W_1 W_2 ε_1 ε_2 il numero di spire e le tensioni primarie secondarie del trasformatore impiegato, che rispondeva ai seguenti altri dati:

Peso del ferro, kg. 40.
Nucleo cm.², 50.
Peso del rame, 8 kg. Sezione, 50 mmq.
Corrente, 150 ampères.

La 1ª esperienza si riferisce al caso senza filo ausiliario e trasformatore; tutta la corrente passa per le rotaie; la 2ª esperienza, con la sola presenza del filo ausiliario, mostra, com'era *a priori* evidente, del resto, che della corrente totale di 100 amp. solo $^1/_3$ circa

Digitized by Google

passa per le rotaie; le altre esperienze sono fatte impiegando diverso numero di spire primarie e secondarie, e dalla 6ª si rileva in modo speciale tutta l'efficacia del sistema accennato. Resta stabilito da questo fatto, ancora più, un vantaggio a favore dell'impiego della corrente monofase, non essendo egualmente facile l'applicazione di un sistema di compensazione su circuiti trifasi che sono sottoposti a condizioni speciali di equilibrio di distribuzione.

***

Come si è detto già, un vantaggio dell'alta tensione si ha ancora dal fatto che viene notevolmente ridotto l'amperaggio di utilizzazione, cosa che permette l'impiego di conduttori di sezioni limitate.

Consideriamo un treno di 250 tonnellate alla velocità di 40 chilometri-ora, sulla pendenza del 10 $^0/_{00}$. Occorre una potenza di 575 HP disponibili ai cerchioni, ed ammesso per la locomotiva un rendimento globale di 0.75, la potenza assorbita risulta di 575 kw circa, cui corrisponde, per $\cos \varphi = 0.9$ e 14000 volt di tensione alla presa, una intensità di corrente di 45 amp. circa, significa l'amperaggio di una ordinaria vettura tramviaria. Ammettendo due treni a 40 chilometri di distanza l'uno dall'altro, tutti e due dalla stessa parte del punto di alimentazione, l'intensità totale sulla linea risulta di 90 amp.; con due fili di contatto di 8 mm. di diametro, la perdita di energia a 40 chilometri di distanza è solo del 4.5 $^0/_0$.

Il peso del rame di linea così impiegato è di 900 kg. circa per chilometro, ammesso il ritorno per le rotaie. Si deduce che anche in queste condizioni sarebbe sempre possibile l'impiego di un solo filo di linea, riducendo quindi a metà la spesa di rame con maggior sacrificio sulla perdita di energia. Però, a parte le considerazioni sui limiti di questa perdita e sui limiti della caduta di tensione, che per i servizi ferroviari specialmente impongono un determinato impiego di rame, evidentemente sempre inferiore di quello che per le stesse perdite si avrebbe con altri sistemi a tensione limitata; a parte ciò, crediamo in ogni caso non sia consigliabile affidare l'esercizio ad una sola linea di 8 mm. e che sia sempre preferibile l'impiego di doppia linea una per parte del o dei binari, dimodochè le due lavoreranno ordinariamente in parallelo e una può sempre servire di riserva.

Osserviamo che l'impiego di una linea di riserva non è egualmente facile e possibile con i sistemi di presa assiale. In ogni caso

Digitized by Google

però, dato il montaggio della linea in esame, il ricambio di una sezione difettosa non è che questione di pochi minuti e può essere fatta in ogni tempo senza per nulla interrompere il servizio.

In quanto alla spesa, data la semplicità di tutte le parti che costituiscono l'armamento, si intuisce che deve essere inferiore a quella per le linee con altri sistemi. Per via semplice libera, con un solo filo di 8 mm. ritorno per le rotaie, pali in legno, si prevede da 5500 a 6000 lire al chilometro. Per la linea doppia da 8000 a 10.000 lire, cifre che sono paragonabili a quelle per gli ordinari servizi tramviari.

*
* *

Le esperienze recentemente fatte ad Oerlikon hanno permesso di assodare che i punti più salienti del sistema, specialmente per riguardo all'isolamento, non presentano inconvenienti di sorta.

Si è potuto fare un servizio giornaliero per parecchi mesi, nelle peggiori condizioni di via, con un armamento provvisorio di un chilometro, raggio minimo 125 metri, pendenza massima 25 per mille. Si è messo in servizio una locomotiva di 42 tonn., 4 assi motori, 2 motori d'asse di 220 HP.

La potenza della locomotiva comporta 400 HP alla velocità di 36-40 chilometri all'ora, che corrisponde alle esigenze di un treno di 500 tonn. in piano.

Sforzo di trazione: 3000 chilogrammi circa, alla velocità di 36-40 chilometri-ora.

Corrente monofase con presa diretta a mezzo dell'organo già detto a 14.000 volt, 50 periodi, utilizzando un impianto esistente.

La corrente veniva trasformata in continua a bassa tensione sulla locomotiva stessa.

Azionando i motori di asse direttamente con corrente alternata a 15 periodi, il peso della locomotiva risulterebbe ridotto di 6 tonn. ca. Sul tronco di prova si sono create ad arte tutte le difficoltà possibili, passaggi, biforcazioni, scambi e si è anche costruita in legno la sagoma della Galleria del Gottardo, adottandovi l'armamento in esame (fig. 14, 15, 16).

Dato l'infelice armamento della via, non si è potuto spingere la locomotiva a grandi velocità, però, in quanto all'organo di presa, si sono fatte delle prove indirette molto attendibili e che hanno dato risultati soddisfacenti.

Digitized by Google

***

Riassumendo: ammesso che la locomotiva, o in generale l'organo di trazione propriamente detto, sia dato, nel complesso la linea a presa

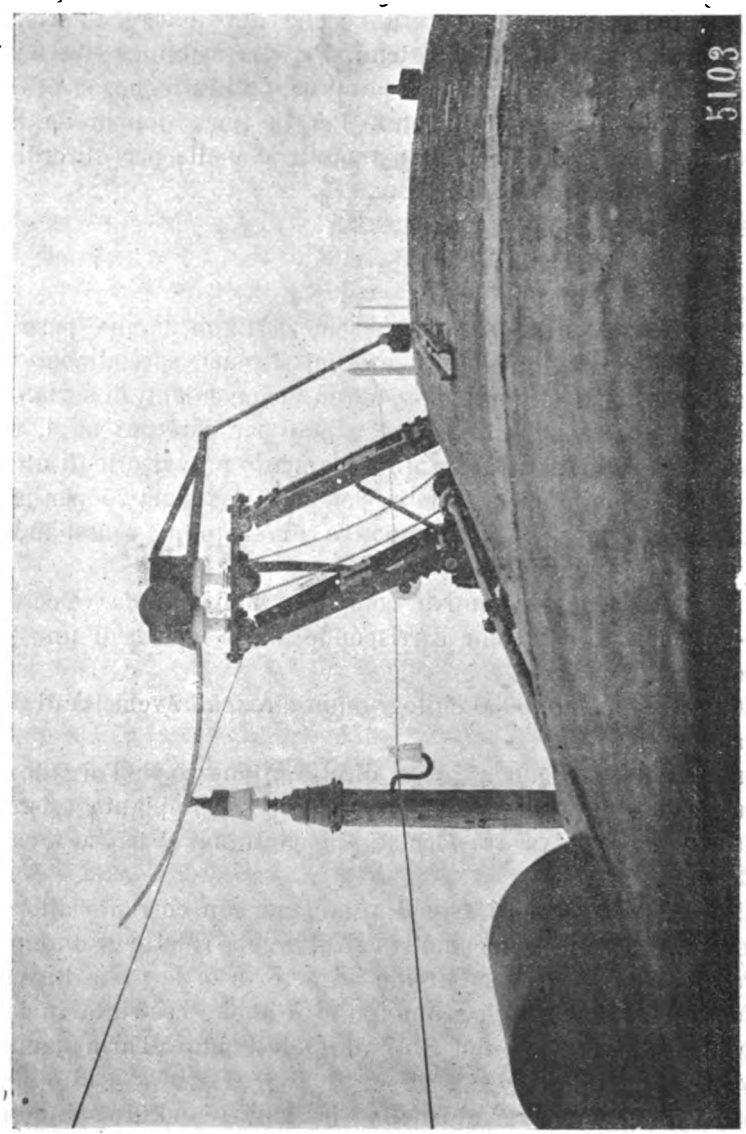


Fig. 14.

che la Maschinenfabrik Oerlikon presenta, ritiene racchiuse le caratteristiche seguenti che sono sostanziali ed imprescindibili per un vero e proprio servizio ferroviario.

Digitized by Google

Grande facilità d'isolare le parti di linea divenute difettose, senza influenzare la trazione sulla sezione di via stessa e senza oltrepassare i limiti di economia.

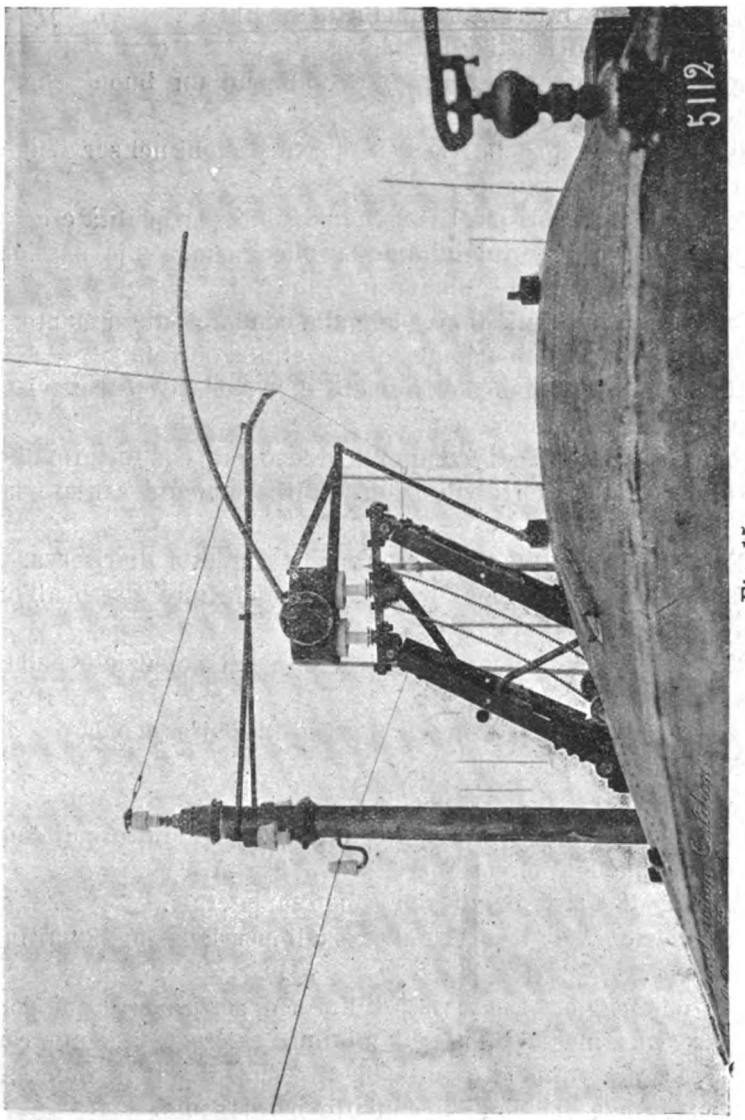


Fig. 15.

Riduzione al minimo delle superfici della condotta esposte alle perturbazioni esterne.

Possibilità d'impiegare per la presa di corrente superfici soggette il meno possibile ad essere coperte dal ghiaccio.

Digitized by Google

Semplicità negl'incroci e scambi.

Passaggio facile e semplice dell'organo di presa dai fili semplici ai conduttori divisi di stazione e viceversa, anche che la tensione nelle stazioni sia inferiore a quella della linea esterna.

Soppressione di tutti gli isolatori di sezione e di sospensione, essendo difficile ottenere in queste condizioni un buon isolamento a tensioni così elevate.

Riparazione facile della via senza perturbazioni nel servizio, senza interruzione della sezione.

Posa dei conduttori più bassa che possibile per facilità e comodità di presa e per ridurre al minimo la sollecitazione alla flessione dei pali, dovuta al vento o alla tensione dei fili.

Facilità e possibilità di accedere alla condotta lateralmente, senza ragione di occupare menomamente la strada ferrata.

Riduzione al minimo del numero di elementi costruttivi per la installazione della linea.

Soppressione di parti comuni a due o più condutture distinte.

Riduzione delle forti vibrazioni ordinariamente causate nei fili di trolley.

Possibilità e facilità di adottare una condotta di riserva.

Facilità di spostamento offerta dal conduttore stesso all'organo di presa.

Riduzione al minimo delle differenze di potenziale nella condotta di ritorno.

Impiego di facili ed efficaci misure di sicurezza nei passaggi a livello, nelle stazioni, ecc.

Ed ai riguardi dell'organo di presa:

La sicurezza che non possa abbandonare il conduttore di contatto, qualunque siano le circostanze.

Facilità di adattamento alla condotta laterale.

Eliminazioni di disposizioni speciali per i passaggi agl'incroci, scambi, ecc.

Non danneggiare i materiali di linea nè per pressione nè per urti.

Avere una massa ridotta al minimo, essere facilmente cambiabile, presentare tutte le qualità di un elemento di trazione, assicurare con grande elasticità il contatto permanente.

Adattarsi automaticamente a tutte le posizioni del filo di linea, permettere un cambiamento di direzione nel movimento, senza richiedere cambiamento di posizione.

Seguire, infine, con sicurezza e facilità, senza urti, tutti i cambiamenti di linea, e ciò senza interruzione del contatto.

Digitized by Google

Colle prime esperienze fatte si possono giudicare raggiunti tutti questi requisiti; fra breve la Maschinenfabrik Oerlikon, con l'approvazione del Governo federale svizzero, inizierà un servizio ferroviario

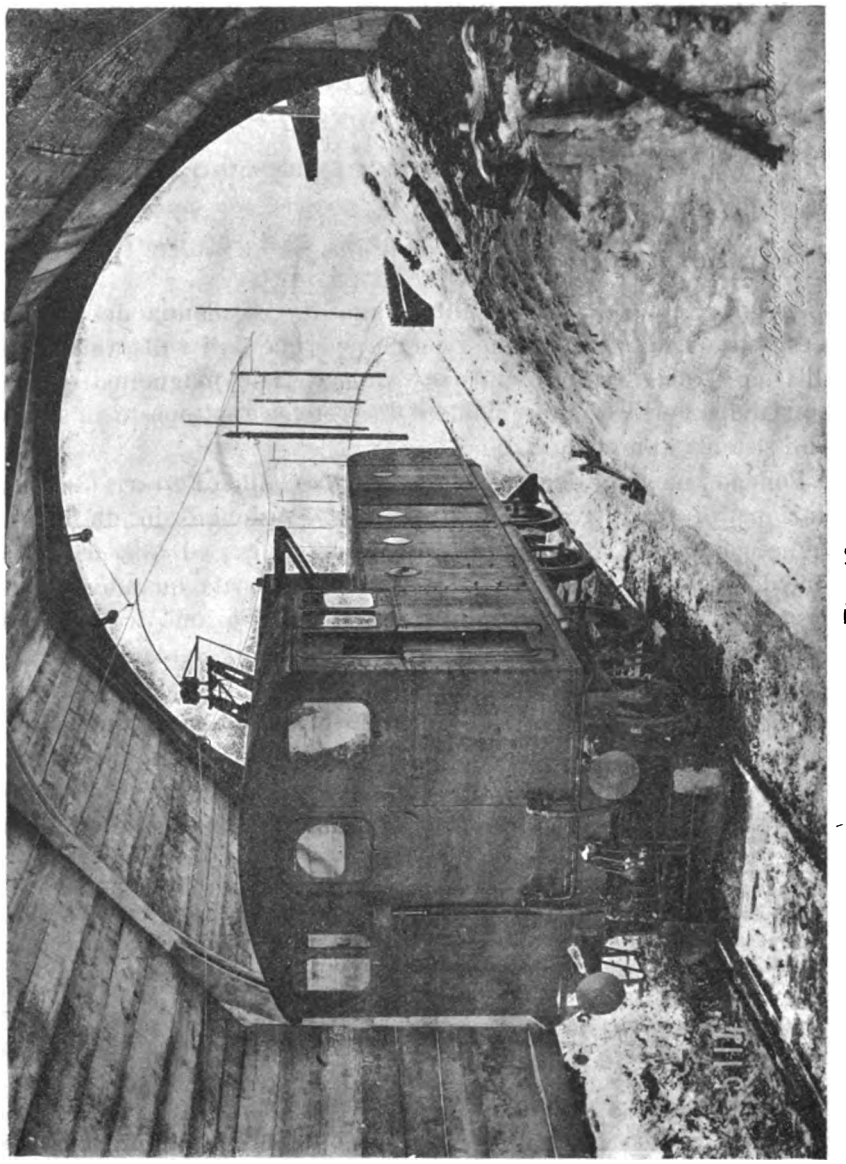


Fig. 16.

normale sulla Oerlikon-Seebach-Wettingen, di circa 27 chilometri, che presenta un rilevante movimento di merci, e tutto induce a credere che i nuovi risultati confermeranno i buoni auspici di oggi.

Digitized by Google

N. 24.

RIVELATORE DI ONDE HERTZIANE A CAMPO FERRARIS (1)

COMUNICAZIONE

fatta dal **Professore RICCARDO ARNÒ**

con presentazione dell'apparecchio in funzionamento, alla Sezione di Milano nella Seduta 25 maggio 1904.

In una Nota (2) testè presentata alla R. Accademia dei Lincei, ho esposto i risultati di alcune ricerche sperimentali sulla variazione dell'isteresi magnetica in un disco di materiale magnetico sospeso in un campo Ferraris, allorquando il disco stesso è sottoposto all'azione di un sistema di onde hertziane.

Ponendo mente al fenomeno scoperto da Galileo Ferraris (3) della rotazione di un disco o cilindro di ferro sezionato in un campo magnetico rotante, dovuta all'isteresi magnetica; ed alla modificazione del ciclo d'isteresi che viene sempre provocata quando il corpo magnetico, su cui si sperimenta, è sottoposto all'azione di onde hertziane (4): ho pensato che qualora l'esperimento fondamentale del Ferraris venisse così modificato che il disco o cilindro di ferro sezionato si trovasse contemporaneamente sottoposto all'azione di un campo Ferraris ed a quella di un campo magnetico oscillante di alta frequenza, il fenomeno della rotazione del disco o cilindro dovrebbe ottenersi in condizioni notevolmente differenti da quelle in cui il

---

(1) Lavoro eseguito nel Laboratorio di Elettrotecnica del R. Istituto Tecnico Superiore di Milano (Istituzione Carlo Erba), in collaborazione con gli egregi signori assistenti ing. Giuseppe Comboni e tenente di vascello Pietro Colabich.

(2) *Rendiconti della R. Accademia dei Lincei*, 1° semestre 1904, pag. 272 — Seduta del 20 marzo.

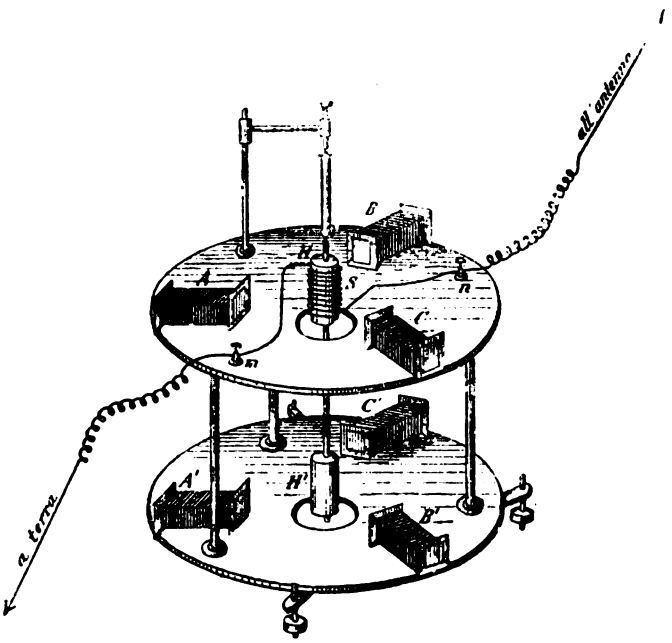
(3) *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino*, vol. XXIII, pag. 360.

(4) Vedi gli antecedenti lavori di Gerosa e Finzi e di Gerosa e Mai (*Rendiconti del R. Istituto Lombardo*, 1891, serie II, pag. 677 e 951), di Rutherford (*Proc. Roy. Soc.*, 1896, vol. 60, pag. 184, *Philosoph. Trans. of the Roy. Soc.*, 1897, vol. 189, pag. 1), di Wilson (*Report of the British Association at Belfast*, 1902, e di Marconi (*Proc. Roy Soc*, 1902, vol. 70, pag. 341); ai quali si riferisce la suaccennata mia Nota presentata alla R. Accademia dei Lincei.

Digitized by Google

fenomeno altrimenti si ottiene allorquando il disco o cilindro viene sottoposto alla semplice azione del campo rotante (1).

Ho perciò collocato due cilindri cavi di acciaio H, H' perfettamente identici, di altezza, diametro e spessore rispettivamente uguali



a 33 mm., 22 mm. e $^5/_{100}$ di mm. portati dalla medesima sospensione, rispettivamente in due campi Ferraris della medesima intensità e rotanti in senso inverso: ognuno di questi due campi essendo ottenuto mediante un sistema di tre elettromagneti A, B, C; A', B', C', rispettivamente inseriti nei tre circuiti di un sistema trifase. Dei due cilindri H, H', uno soltanto, per esempio il cilindro H, si trova nell'interno di una spirale cilindrica S, le cui estremità m ed n sono rispettivamente poste in comunicazione con la terra e con l'antenna; e le cose sono così disposte che la deviazione dell'equipaggio mobile possa, prima di sperimentare, essere ricondotta a zero: ciò che appunto si ottiene allorquando il campo Ferraris, in cui è sospeso il cilindro H, esercita sul cilindro stesso un'azione assolutamente uguale e contraria a quella che l'altro campo esercita sul cilindro H'.

(1) Vedi anche la Memoria di Ewing e Walter comunicata alla "Royal Society „ di Londra il giorno 11 febbraio 1904.

Digitized by Google

Orbene, se in tali condizioni vien fatto funzionare l'oscillatore, così da lanciare nella spirale **S**, avvolgente il cilindro *H*, un sistema di onde hertziane, sempre si ottiene — anche per distanze relativamente grandi fra l'antenna trasmettitrice e la ricevitrice — una notevole deviazione dell'equipaggio mobile dell'apparecchio; e precisamente tale deviazione sempre si verifica nel medesimo verso in cui avviene la rotazione del campo Ferraris in cui si trova il cilindro sottoposto all'azione delle onde hertziane.

Questo risultato è notevolissimo, inquantochè dimostra come nelle condizioni dell'esperimento descritto, si abbia un aumento d'isteresi nel materiale magnetico su cui si sperimenta.

È da osservarsi che questa disposizione dell'apparecchio differisce da quella descritta nella Nota presentata alla R. Accademia dei Lincei, in quanto furono sostituiti ai due dischi di materiale magnetico, i due cilindri di acciaio *H* e *H'*; ed alla spirale piatta avvolgente l'uno dei dischi, l'avvolgimento **S** solenoidale intorno al cilindro *H*. Questa modificazione apportata all'apparecchio ha avuto essenzialmente per iscopo di rendere l'apparecchio stesso assolutamente simmetrico in tutte le sue parti, ed inoltre di ripetere l'esperimento in condizioni alquanto differenti, nel senso che l'asse della spirale **S** venga a trovarsi, anzichè nel piano, normale al piano in cui ruotano le linee d'induzione magnetica del campo generato dai tre elettromagneti *A*, *B*, *C*.

Ciò premesso, è scopo precipuo di questa comunicazione il riferire i risultati di una serie di nuove ricerche eseguite con l'apparecchio descritto facendo variare il numero delle spire costituenti la spirale **S** destinata ad essere percorsa dalle oscillazioni elettriche di alta frequenza.

Ho perciò avvolto un filo di rame del diametro di $^{15}/_{100}$ di mm. rispettivamente sopra dieci cilindri di ebanite di altezza uguale a 53 mm. e diametro esterno uguale a 30 mm., in modo da costituire altrettanti spirali con spire uniformemente distribuite sui cilindri stessi; la lunghezza del filo adoperato per ciascuna di dette spirali essendo diversa per ognuna delle spirali stesse, e precisamente rispettivamente uguale a metri 1.50, 3.50, 4.20, 4.90, 5.50, 6.20, 7, 10, 16, 25.

Essendo le oscillazioni elettriche generate per mezzo di un oscillatore di Righi, con sfere del diametro di 8 cent. immerse nell'olio, azionato da un rocchetto di Ruhmkorff capace di dare una scintilla di circa 50 cent.; la frequenza di ciascuno dei due campi Ferraris

Digitized by Google

rotanti in senso inverso uguale a 42; la distanza e l'altezza delle antenne rispettivamente uguale a m. 7.40 e 2.40; gli ampère-giri per ognuno degli elettromagneti A, B, C, A', B', C' uguale a 250; la distanza dei nuclei degli elettromagneti stessi dall'asse dell'apparecchio uguale a 55 mm.; la distanza della scala dell'apparecchio uguale ad 1 m.; ottenni, in corrispondenza delle varie spirali sperimentate le seguenti deviazioni:

Lunghezza in metri del filo costituente ciascuna spirale	Deviazioni in divisioni della scala di 1 mm.
1.50	40
3.50	220
4.20	290
4.90	350
5.50	300
6.20	260
7	210
10	150
16	80
25	20

Risulta dunque che, a parità di altre condizioni, esiste una *lunghezza critica* del filo costituente la spirale **S** per cui si ottiene il massimo effetto, e cioè si ha la massima deviazione dell'equipaggio mobile dell'apparecchio; e che precisamente nelle mie esperienze detta lunghezza critica risultò essere di circa 5 metri.

DISCUSSIONE.

Ing. G. CAMPOS. Desidero fare alcune brevi considerazioni sugli interessanti esperimenti del signor prof. Arnò.

Mi sembra molto notevole il fatto che il prof. Arnò ha trovato, per l'azione delle onde elettriche sull'apparecchio presentatoci, *sempre un aumento* del lavoro d'isteresi. Ewing e Walter, che contemporaneamente e con un apparecchio analogo (privo però del sistema di compensazione adottato dall'Arnò) hanno eseguito delle ricerche simili, hanno trovato qualche volta *una diminuzione* e quasi sempre (modificando le condizioni di esperimento) un notevole *aumento*. Invece gli sperimentatori precedenti Rayleigh, Rutherford, Gerosa e Finzi, Mai, Miss Brooks, Marconi, Fleming, Tissot, ecc., hanno trovato tutti

Digitized by Google

e sempre una *diminuzione,* talora una completa sparizione dell'isteresi stessa. Ora bisogna osservare che le condizioni dell'esperimento non erano le stesse nei due casi. Infatti, mentre gli sperimentatori nominati da ultimo hanno studiato tutti *l'isteresi alternata,* negli apparecchi di Ewing e Walter e di Arnò abbiamo invece in azione *l'isteresi rotante;* e fra i due fenomeni vi è una differenza grandissima, come gli studi del Baily e del Niethammer e quelli più recenti di Dina e di Beattie e Clinker hanno posto in chiaro.

Per esempio, con l'aumentare dell'induzione, le perdite per isteresi alternata vanno aumentando fino ad un massimo corrispondente circa alla saturazione, poi si mantengono quasi costanti; la curva segue dapprima una legge logaritmica, poi ha un punto di flesso e finalmente presenta un asintoto parallelo all'asse dell'induzione. Invece con l'isteresi rotante la legge è affatto differente; abbiamo prima un aumento sino ad un massimo ben definito, corrispondente circa alla saturazione, poi una diminuzione anche abbastanza rapida, fino allo zero.

Non è quindi strano che anche sotto l'azione delle onde elettriche le due specie d'isteresi, alternativa e rotante, si comportino in modo differente. Perciò, senza dare alcuna spiegazione, mi pare si possano ravvicinare i due fenomeni e dire che in un caso come nell'altro sembra che l'azione delle onde elettriche sia equivalente nei suoi effetti sull'isteresi ad una diminuzione dell'induzione magnetica.

*
* *

Riguardo poi all'impiego dell'apparecchio del prof. Arnò e di Ewing come misuratore di onde hertziane, mi sembra che esso non possa sempre adottarsi in modo conveniente quando l'apparecchio ricevitore destinato a lavorare sullo stesso impianto non sia dello stesso tipo. Non si potrebbe, infatti, sempre sostituire impunemente l'apparecchio di Arnò al *detector magnetico* di Marconi. In quest'ultimo si utilizza una rapida variazione di permeabilità e quindi di flusso che produce una forza elettromotrice nel circuito del telefono; l'apparecchio di Arnò misura invece la variazione del lavoro d'isteresi, cioè una quantità differente; e resta a vedersi se le variazioni delle due quantità procedano sempre in modo parallelo. Il misuratore di Fleming, in cui l'energia delle onde viene misurata da una deviazione galvanometrica, si trova invece precisamente nelle stesse condizioni del *detector*.

Digitized by Google

*
* *

Finalmente, riferendomi alla correlazione esistente in molti casi tra i fenomeni dei corpi magnetici e quelli dei dielèttrici, mi sembra che l'esperimento del prof. Arnò suggerisca di vedere se qualche cosa di analogo all'effetto di un campo magnetico rapidamente alternato o rotante sull'isteresi magnetica, non si abbia nell'azione di un campo elettrico rapidamente alternato o rotante sull'isteresi dielettrica. Il fenomeno, se esiste, potrebbe mettersi in evidenza col metodo ideato dal prof. Arnò e da lui usato negli studi interessanti sull'isteresi dielettrica; e mediante un apparecchio correlativo a quello presentatoci stasera.

Io vorrei domandare al signor prof. Arnò se egli abbia eseguito qualche ricerca in proposito; giacchè mi sembra che un risultato qualsiasi, anche negativo, potrebbe riuscire interessante.

Il dott. GIORGIO FINZI osserva che l'effetto sul ferro della magnetizzazione alternata a grande frequenza assottiglia sì la figura di isteresi, ma ne aumenta così considerevolmente l'ampiezza che il risultato è in genere un aumento dell'area; questo ha luogo in tutti gli esperimenti dell'Arnò ed in quelli Ewing col secondo apparecchio; eccezionalmente i due effetti possono invece compensarsi e l'area non mutare, oppure persino può esser maggiore l'assottigliamento dell'aumento d'ampiezza, facendo così diminuire l'area e riproducendo i risultati del primo apparecchio Ewing.

A proposito di questi effetti osserva che, pubblicandoli nel 1891 nell'*Electrician,* l'autore descrisse anche un apparecchio ove essi produrrebbero una rotazione continua e che sarebbe dunque un vero motore monofase senza fili. Questo motorino che non fu però costruito, somiglia alla ruota di Barlow ed è formato di tanti raggi di filo di acciaio; le correnti ad alta frequenza, passando per una bacinella di mercurio in un settore solo della ruota, aumenterebbero la permeabilità di questo settore e darebbero un'attrazione e quindi una rotazione continua, in presenza di un magnete fisso. Sebbene l'apparecchio sia solo una curiosità, se ne fa costruire ora un modellino per sperimentarlo.

Digitized by Google

N. 25.

LO SLITTOMETRO

COMUNICAZIONE

tenuta dall' **Ing. ANGELO BIANCHI**

con presentazione dell'apparecchio in funzionamento, alla Sezione di Milano nella seduta del 25 maggio 1904.

A soddisfare il bisogno di eseguire la misura dello scorrimento dei motori asincroni con metodi più rapidi e più esatti dei metodi normali, furono recentemente costruiti tipi d'istrumenti che possono chiamarsi nella lingua nostra slittometri. Si è appunto di uno slittometro di mia costruzione che intendo parlare.

Gli slittometri misurano la frequenza corrispondente allo scorrimento e permettono quindi la valutazione dello scorrimento in $^0/_0$, e, purchè si faccia contemporaneamente la misura dei giri del motore, danno pure la frequenza della rete.

Sia n_1 la frequenza primaria del motore e n_2 quella corrispondente alla velocità effettiva del rotore; sarà

$$n = n_1 - n_2$$

la frequenza corrispondente allo scorrimento; se poi N è il numero dei giri al minuto primo e $2p$ è il numero dei poli del motore, sarà

$$n_2 = p\,\frac{N}{60}$$

Lo scorrimento in $^0/_0$ è

$$100\,\frac{n}{n_1}$$

oppure, poichè $n_1 = n + n_2$, sarà

$$\text{scorrimento in } {}^0/_0 = 100\,\frac{n}{n + \frac{pN}{60}} \qquad [1]$$

La frequenza n si otterrà poi dalla

$$\text{frequenza della rete } n_1 = n + p\,\frac{N}{60} \qquad [2]$$

Per la misura dello scorrimento occorrerà quindi misurare N e n.

Digitized by Google

***

Degli slittometri finora in uso taluni richiedono l'incomodo sussidio di un motore sincrono non solo, ma di un motore sincrono di un numero di poli uguali al numero dei poli del motore da misurarsi, e sono più che altro dei contagiri differenziali per cui danno un errore che può arrivare ad un giro. Tale errore per un motore da 200 giri importerebbe mezza unità percentuale, e cioè il 20 o il 30 per cento del valore dello scorrimento a pieno carico.

Altri slittometri si giovano d'interruttori che mandano corrente in frequenziometri a lamine vibranti, ma con essi, almeno con un

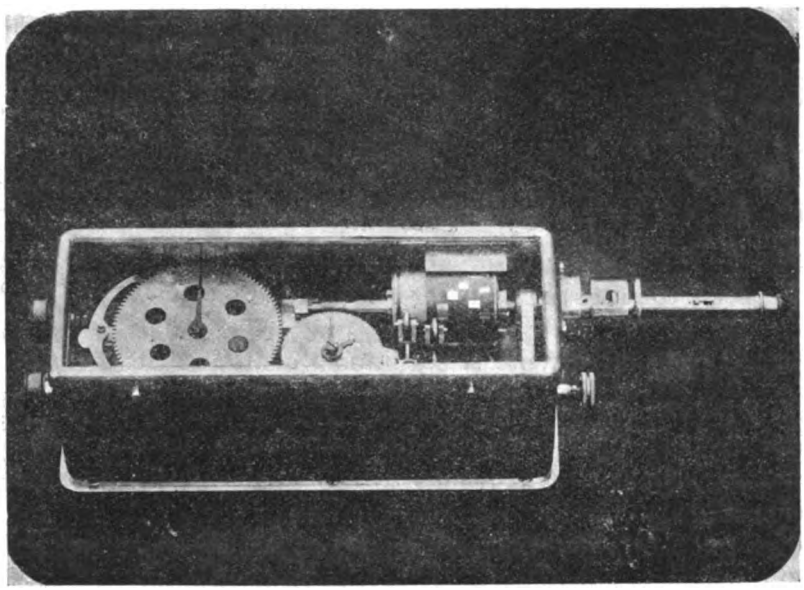


Fig. 1.

unico istrumento, non è possibile ottenere con esattezza tutta la scala degli scorrimenti dai minimi valori a vuoto ai valori a sovracarico.

Lo slittometro da me costruito riposa su un principio generale emesso nel 1901 dal Siebt, che ne diede subito eleganti applicazioni (1). Coi metodi però che sorsero da questo principio la misura non viene fatta da un istrumento, bensì lo sperimentatore deve contare egli stesso le oscillazioni di un ago, della luce di una lampada, ecc.

(1) G. Siebt, *Messung der Schlüpfung asynchroner Motoren*, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1901, pag. 194.

Digitized by Google

Il principio su cui riposa l'istrumento (rappresentato dalla fig. 1) è il seguente. Si applichi all'albero di un motore sincrono bipolare un disco con un contatto collocato sulla sua periferia e supponiamo possa questo contatto chiudere un circuito derivato dalla rete che alimenta il motore; il numero dei colpi di corrente lanciati nel circuito sarà eguale alla frequenza della rete.

E in generale se il motore ha $2p$ poli ed un disco con p contatti distribuiti uniformemente sul perimetro del disco si otte

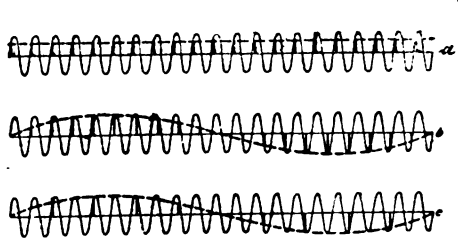


Fig. 2.

ogni periodo un colpo di co rente che ha sempre la stessa intensità, la stessa fase e la stessa direzione (fig. 2*a*).

Se in luogo di sincrono il motore è asincrono, se quindi ha scorrimento, la distanza di tempo fra i colpi di corrente sarà maggiore di un periodo, e il valore la fase e la direzione della corrente seguiranno secondo la curva punteggiata della figura 2*b*.

Se poi i contatti per ogni giro in luogo di p sono $\frac{p}{2}$, $\frac{p}{3}$, ... $\frac{p}{p} = 1$, i colpi di corrente si seguiranno a distanza di 2 (fig. 2*c*), 3, ... p periodi.

La frequenza però della corrente nel circuito derivato sarà in ogni caso uguale alla frequenza dello scorrimento (od anche alla frequenza della corrente del rotore), e cioè $= n$.

Dal valore n e dal valore N dei giri al 1′ si possono mercè le [1] e [2] ottenere lo scorrimento in $^0/_0$ e la frequenza.

Per determinare il numero n si possono, come è detto più sopra, usare vari metodi (1). Si possono inserire sulla derivazione un amperometro od un voltometro calorifico od elettromagnetico e contare le $2n$ 60 oscillazioni compiute dall'ago ogni minuto primo. In luogo dell'amperometro o voltometro si può usare una lampada ad incandescenza e contare le $2n$ 60 oscillazioni della luce, oppure si può adoperare un campanello elettrico al quale sia stata tolta la disposizione per l'interruzione e contarne i $2n$ 60 colpi. Si può anche inserire un tasto Morse che segnerà sul nastro di carta $2n$ 60 punti per minuto primo.

(1) Vedi anche l'*E. T. Z.*, 1891, pag. 194.

Digitized by Google

Pei valori elevati dello scorrimento diviene difficile e presto impossibile il contare $2n$ 60 oscillazioni al minuto primo; si può in questo caso provvedere modificando il metodo in modo che non si abbia a contare il numero $2n$ 60, ma bensì soltanto il numero n 60. Bisogna allora scegliere un apparecchio in cui la direzione della corrente ha influenza sulla direzione del moto dell'ago, per esempio un amperometro o un voltometro tipo Deprez d'Arsonval. Se s'imiega un tasto Morse occorrerà polarizzare l'ancora, e se si usa una lampada ad incandescenza s'inserirà un opportuno numero di elementi di alluminio Graetz che non permettono il passaggio di corrente che in una sola direzione (1). Quest'ultimo metodo fu dichiarato il migliore fra i metodi esistenti in una recente relazione del Reichsanstalt di Berlino.

Fig. 3.

Con una lampada ad incandescenza si possono contare circa 150 oscillazioni di luce al minuto primo e misurare così con una frequenza di 50 periodi al secondo, uno scorrimento massimo del 2.5 per cento. Cogli elementi di Graetz si arriverà invece al doppio, cioè al 5 per cento.

Col nuovo istrumento si possono misurare colla frequenza 50 degli scorrimenti del 13 per cento e più.

Mi pare qui opportuno di accennare ad un altro metodo adottato da me da lungo tempo per la misura dello scorrimento. Si porti (fig. 3) una bussola il cui ago sia compreso fra due fermi h, h nella vicinanza di uno dei conduttori che vanno dal rotore all'avviatore, e si collochi la bussola stessa in modo che l'asse dell'ago cada sulla direzione del conduttore; l'ago compierà allora $60n$ oscillazioni al minuto primo, in corrispondenza alla frequenza n della corrente del rotore che percorre il conduttore.

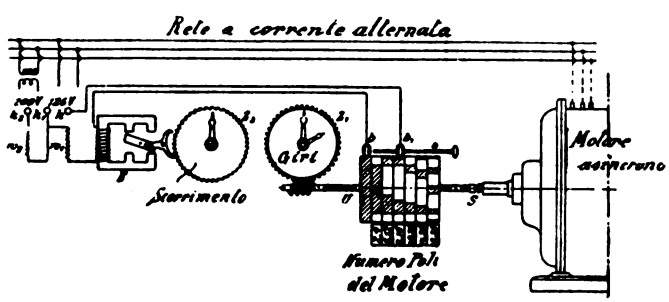


Fig. 4.

Questo metodo della bussola parmi il migliore di quelli usati fin qui per la sua esattezza e semplicità, però è solo applicabile quando

(1) *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1908, pag. 153.

Digitized by Google

il rotore ha il corto circuito esterno. Ad ogni modo anche rispetto a questo metodo tanto elementare il mio nuovo istrumento presenta notevoli vantaggi.

*
* *

Il funzionamento del mio slittometro risulta dallo schema dato nella figura 4.

S è una punta che viene applicata come quella di un contagiri all'albero di un motore; U è un interruttore composto di una serie di dischi di contatto ai quali si appoggiano due rotelle b e b_1; Z_1 è un quadrante numerato che dà il numero di giri in un determinato tempo; Z_2 un secondo quadrante numerato che dà il numero degli impulsi risultanti prodotti dallo scorrimento nell'istesso tempo, K, K_1, K_2 sono dei morsetti che servono per allacciare l'istrumento alla rete. Per tale modo viene mandata la corrente a mezzo dell'interruttore U attraverso all'avvolgimento dell'elettromagnete E. I morsetti K, K_1 servono per tensioni da 70 a 125 volt, i morsetti K, K_2 per tensioni da 125 a 200 volt.

Se poi si tratta di un motore ad alta tensione, si collega l'istrumento alla rete dell'illuminazione che attraverso ad un trasformatore dà in ogni impianto corrente a bassa tensione con la stessa frequenza della rete primaria. Se questa, come in generale però non avviene, mancasse, si può ricorrere ad un piccolo trasformatore di aiuto.

L'interruttore U ha lo scopo di lanciare i colpi di corrente nell'elettromagnete E e consta di 7 dischi metallici collocati l'uno vicino all'altro, il primo ha la superficie cilindrica metallica senza interruzione, gli altri portano dei denti metallici e lo spazio fra dente e dente è riempito d'isolante. Si hanno così i seguenti numeri di denti per disco:

Anello N	Numero dei contatti	L'anello è usato per motori di $2p =$		
2	1	2	o	4 poli
3	3	6	»	12 »
4	4	8	»	16 »
5	5	10	»	20 »
6	7	14	»	28 »
7	9	18	»	36 »

Sull'anello 1 pieno scorre la rotellina b fissa; la rotellina b_1 si può spostare mediante la vite s per tutta la sua lunghezza del tam-

Digitized by Google

buro così da portarla a fare contatto col disco corrispondente al numero dei poli del motore da provare, numero che si legge su una targhetta parallela al tamburo dell'interruttore.

L'elettromagnete E presenta 4 poli fra i quali può oscillare un magnete permanente fatto a sbarra.

Se si collegano i morsetti K alla rete senza applicare la punta dell'istrumento all'albero del motore, anche se fra b e b_1 il circuito è chiuso e passa così la corrente nell'avvolgimento dell'elettromagnete, il magnete resterà fermo perchè la frequenza della corrente è troppo elevata. Se invece si applica l'istrumento al motore, la frequenza della corrente che attraversa l'elettromagnete è quella data dalla curva punteggiata nella figura 1b e 1c, od anche quella della corrente del rotore che naturalmente ha lo stesso numero di periodi dello scorrimento. Il magnete allora può seguire queste lenti oscillazioni e coll'intermezzo di un ancora fa girare di un dente per ogni periodo completo dello scorrimento il disco Z_2, così che si può leggere sul disco Z_2 il numero dei periodi dello scorrimento.

Da questo numero e da quello dei giri letti sul disco Z si ottengono assai semplicemente mercè le formule [1] e [2] precedenti i valori dello scorrimento in $^0/_0$ e la frequenza della rete.

Come si vede, l'anello 2 che ha un sol dente si adopera per motori da 2 poli ($p = 1$), avendosi così un contatto ad ogni alternazione (fig. 2b); lo stesso anello si adopera pure per motori di 4 poli ($p = 2$), in tale caso i numeri dei contatti per giro è di $\frac{p}{2}$ e si ha così un colpo di corrente ad ogni due alternazioni (fig. 2c); in questo caso gl'impulsi sulla sbarra calamitata, benchè si succedano a doppia distanza di tempo, si confondono praticamente in uno solo, come se si avesse nell'avvolgimento dell'elettromagnete una corrente non interrotta seguente la legge della punteggiata della figura 1c.

Non così avviene, specie per frequenze non elevate, se si usa il secondo anello per motori da 6, 8, 10 poli, nel quale caso i contatti sarebbero in numero di $\frac{p}{3}$, $\frac{p}{4}$, $\frac{p}{5}$, ecc., per giro, ossia si avrebbe un colpo di corrente ogni 3, 4, 5, ecc., alternazioni. Cosicchè praticamente trovai opportuno di assegnare ai motori di 6 e 12 poli un nuovo anello, il terzo, con tre contatti, e così via.

Per la misura della frequenza occorre misurare il tempo durante il quale l'istrumento resta applicato al motore. Per la determina-

Digitized by Google

zione dello scorrimento in $^0/_0$ il tempo non ha influenza, ed anzi non occorrerebbe misurarlo. Infatti il disco Z_1 da Nt, il disco Z_2 da nt, così che l'equazione [1] per lo scorrimento in $^0/_0$ può scriversi così:

$$\text{scorrimento in } {}^0/_0 = 100 \frac{nt}{nt + \frac{p}{60} Nt}$$

Si vede che il valore t scompare, e che quindi la misura dello

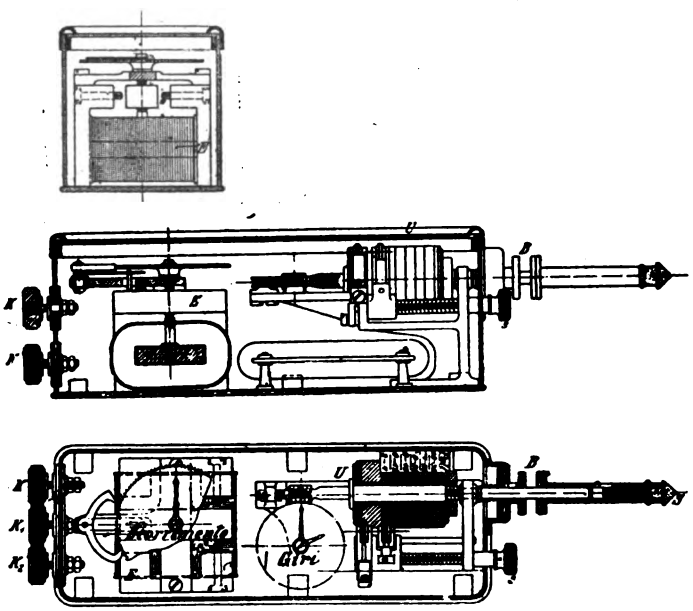


Fig. 5.

scorrimento in $^0/_0$ così eseguita non è affetta dagli errori causati dalla inesatta misura del tempo.

*
* *

Come si vede dalla figura 5, da cui si rilevano i dettagli di costruzione, la punta S è munita di un doppio giunto a frizione che permette di applicare al motore l'istrumento prima di farlo funzionare, e che quando l'istrumento viene allontanato dal motore arresta il tamburo del commutatore che tenderebbe a compiere qualche giro ancora.

Digitized by Google

Invece della sbarra polarizzata dell'elettromagnete, si potrebbe impiegare una semplice sbarra di ferro dolce, modificando convenientemente l'elettromagnete. In tale caso il disco Z_2 darebbe non il numero dei periodi dello scorrimento, bensì un numero doppio.

***

Con lo slittometro la misura dello scorrimento è divenuta molto semplice, perchè, come si vede dalla figura 6, basta applicare l'attacco che si trova all'estremità del cordone dell'istrumento a un portalampade qualunque già installato e applicare l'istrumento al motore come se fosse un contatore di giri.

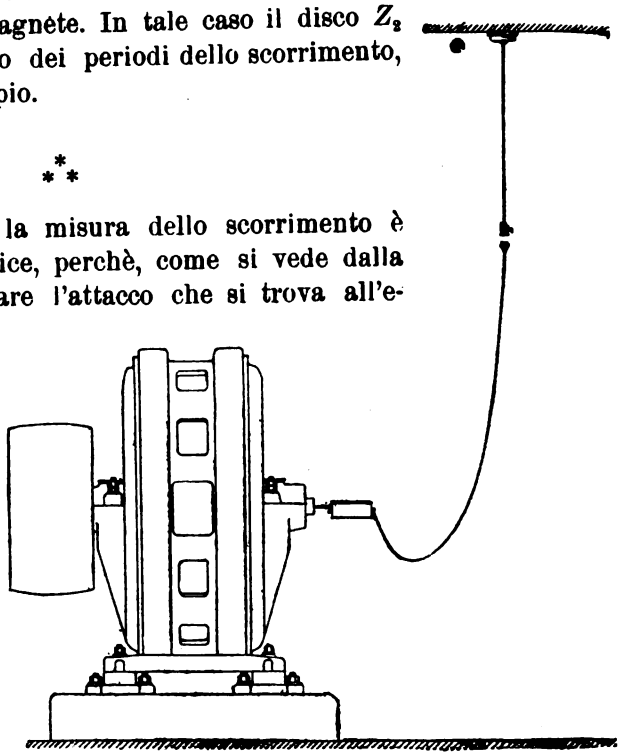


Fig. 6.

Uno stesso istrumento serve per tutti i casi della pratica, e cioè:

per tutti i valori dello scorrimento, dai più piccoli ai più grandi (oltre al 13 % per la frequenza di 50 periodi);

per tutte le tensioni, come è detto più sopra;

per motori da 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 28, 36 poli;

per motori a corto circuito interno ed esterno.

Ha piccole dimensioni ed è trasportabile.

***

La comunicazione fu seguita da esperienze sullo slittometro dell'autore.

Digitized by Google

N. 26.

NUOVO METODO ED APPARECCHIO

PER LA MISURA DEL FATTORE DI POTENZA

COMUNICAZIONE

*tenuta dall'*Ing. **F. E. CARCANO**

con presentazione dell'apparecchio in funzionamento, alla Sezione di Milano nella seduta del 25 maggio 1904.

Per quanto a molti colleghi possa riuscire non intieramente nuovo l'apparecchio che forma oggetto della mia comunicazione, pure credo valga la pena di presentarlo davanti a voi in funzione, perchè ritengo esso possa, in molti casi della pratica, soddisfare ad un vero bisogno.

Da quando infatti le correnti alternate accennarono a prendere l'attuale pratica importanza, sorse il bisogno di un apparecchio che potesse indicare il fattore di potenza di un circuito e molti ne furono proposti.

Da una parte abbiamo apparecchi quale sarebbe ad esempio il wattmetro-fasometro del prof. Arnò e simili che con opportuni dispositivi possono *agevolare* il rilievo dei dati per calcolare il fattore di potenza, ma non ne danno la lettura *diretta*, accessibile a tutti; d'altra parte i pochi apparecchi in commercio studiati appunto per dare la lettura diretta, sono assai delicati perchè il loro organo mobile è dotato di una energia minima ed hanno una scala affatto priva di proporzionalità; talchè al disotto di valori del fattore di potenza 0.70–0.75 le letture sono ben difficili ed inesatte.

Così che in pratica ben difficilmente avrete veduto usare fasometri ed il fattore di potenza si continua a ricercare con molte letture e calcoli laboriosi.

L'apparecchio da me proposto è *per riduzione a zero.*

Il principio essenziale sul quale esso si basa è il seguente:

In un sistema di bobine alimentate da corrente alternata (monofase o polifase), disposte in modo da dar luogo alla rotazione od a qualunque spostamento di un'armatura (ad esempio di un disco), in causa del campo rotante da esse creato, il moto di tale armatura cesserà, quando siano tutte in fase tra loro le correnti che percorrono tali bobine.

Digitized by Google

Ora, se parte di tali bobine sono collocate in serie nel circuito, altre in derivazione su di questo, si produrrà l'arresto del detto organo mobile, quando la corrente i, che percorre le bobine in derivazione, sia in fase con quella I del circuito principale. Ora per una data bobina o per un dato complesso di bobine in derivazione, aventi tale rapporto tra reattanza e resistenza da creare un ritardo di fase di θ gradi della corrente i rispetto alla f. e. m. e applicata ai loro estremi, tale condizione sarà raggiunta quando la corrente principale I sia in ritardo rispetto alla f. e. m. agente nel circuito di un angolo $\varphi = \theta$.

Se io dispongo quindi di una bobina o complesso di bobine in derivazione, in cui si possa variare il rapporto tra reattanza e resistenza, ossia l'angolo θ, sarà sempre possibile arrivare a compensare qualunque valore di φ.

È quindi possibile arrivare, per qualunque valore del fattore di potenza, ad ottenere l'arresto dell'organo mobile summenzionato. Essendo stata determinata in precedenza la serie dei valori di θ (ossia della reattanza e della resistenza variabile di tali bobine), avremo che l'angolo φ, per cui l'arresto è ottenuto, è eguale all'angolo θ e questo quindi sarà noto senz'altro.

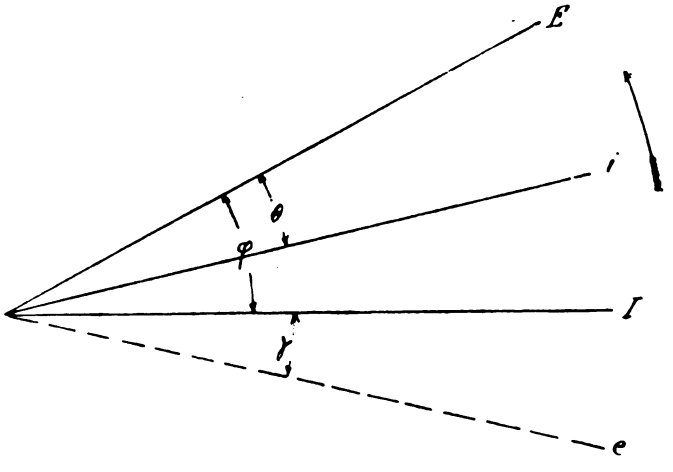


Fig. 1.

Ma è possibile ottenere questo stesso risultato di avere, per ogni valore di φ la corrente I in fase con la i anche lasciando invariata la costituzione e quindi la resistenza e la reattanza delle bobine in derivazione, ma, solo applicando a queste, pei singoli valori di φ, una tensione, presa in punti del circuito, opportunamente scelti per modo che lo spostamento γ tra tale tensione e l'intensità della corrente principale risulti eguale, ma di senso oppostoall'angolo $\varphi - \theta$ (vedi fig. 1).

Ora nel caso di corrente polifase la cosa riesce assai agevole e semplice. In un sistema trifase, ad esempio, si può applicare la disposizione seguente (fig. 2):

Digitized by Google

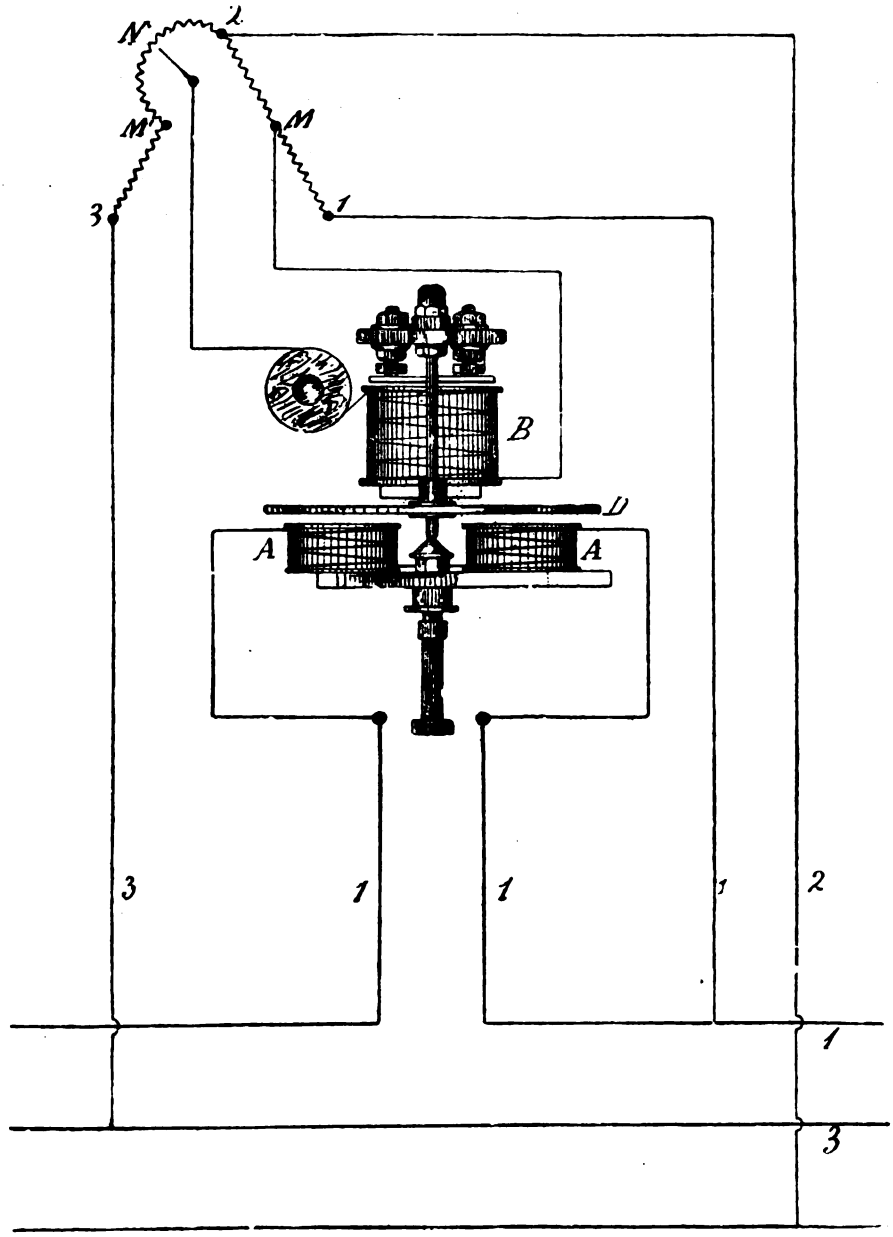


Fig. 2.

Digitized by Google

Le bobine amperometriche A del sistema siano inserite nel filo 1; B siano le bobine in derivazione; A, B siano disposte in modo da produrre la rotazione di un disco D finchè tra i ed I esista differenza di fase; rotazione che cesserà, come si disse, quando i sia in fase con I. Tra il filo 1 ed il filo 2 del sistema sia derivata una resistenza (ohmica od anche induttiva 1-2) della quale M sia il punto medio — tra il filo 2 e il 3 sia inserita un'altra resistenza 2-3, eguale e di egual natura che nella sua metà 2 — M' rivolta verso 3 sia costituita da un reocordo o da un reostato a molti tasti sui quali

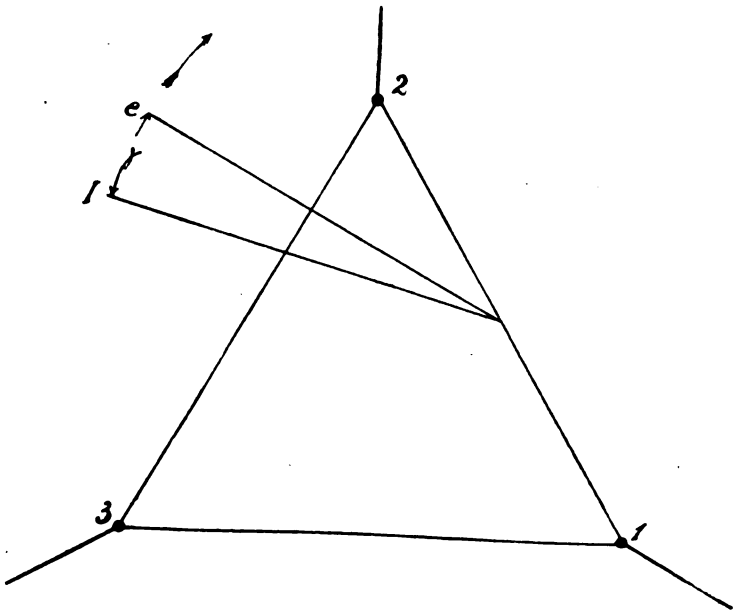


Fig. 3.

fa contatto un cursore N. La bobina o le bobine in derivazione sono collegate da una parte ad M, punto medio fisso della 1-2, e dall'altra al detto punto N mobile fra il punto M', di mezzo della 2-3, e il punto 2. Così disponendo le cose, noi veniamo (fig. 3) a spostare, rispetto alla direzione dell'intensità I, la direzione della f. e. m. e applicata alle bobine in derivazione, in modo che si trova in ritardo di 30° mentre prima era in avanzo di 30°. Allora la corrente i che percorre le bobine, che era in avanzo di $30° - \theta$, si troverà in ritardo di $30° + \theta$ rispetto alla I; così noi, spostando il cursore N, potremo venire ad ottenere i in fase con I, ossia l'arresto dell'organo mobile pei valori di φ compresi tra $30° - \theta$ e $30° + \theta$ in avanzo ed in ritardo

Digitized by Google

come si disse. Finchè i è leggermente in avanzo od in ritardo su I si avrà moto nell'uno e nell'altro senso; in pratica si è visto che la sensibilità può essere assai alta, bastando piccole variazioni nel carico di un motore e quindi nel suo fattore di potenza per far ruotare avanti od indietro il disco, dopo che la detta posizione di equilibrio siasi raggiunta.

Ne consegue che ad ogni posizione del cursore N ossia ad ogni rapporto della resistenza tra N e 2 e della resistenza tra N e 3, corrisponderà l'equilibrio per un dato valore di φ che si potrà per altra via determinare come quoziente dei watt pei volt-ampère del circuito. Si verrà così ad ottenere una vera graduazione o scala nella quale ad ogni valore della resistenza graduabile con lo spostamento del cursore N corrisponderà un determinato valore del fattore di potenza. Per usare in pratica dell'istrumento basterà spostare avanti od indietro il cursore N sino ad ottenere l'arresto del disco mobile; il fattore di potenza corrispondente a quel dato valore della resistenza, e quindi a quella data posizione del cursore, si leggerà sulla scala predisposta.

Con un valore ad esempio di $\theta = 30°$ noi possiamo, con la disposizione ora descritta, ottenere la misura dei valori compresi tra 0 e 60° di avanzo della f. m. e., ovvero i valori di $\cos \varphi$, compresi tra 1 e 0.5, che sono appunto i valori più frequenti nella pratica.

Possiamo però ottenere anche maggior latitudine usando, ad esempio, di un sistema di bobine suscettibili di assumere due differenti valori di θ; ad esempio 30° o 40°, ciò che si può realizzare facilmente disponendo in serie con le bobine in derivazione, agenti sul disco, una volta una resistenza ohmica ed una volta una induttiva.

L'apparecchio risulterebbe allora munito di due scale; col primo valore di θ (20°) si potrebbero misurare i valori di φ tra 10° di ritardo o 50° di avanzo della f. e. m. sulla corrente; col secondo valore (40°) si potrebbero misurare valori di φ compresi tra 10° e 70° di ritardo.

Quando poi si volesse, con un solo valore di θ, misurare un valore qualsivoglia di φ sia in avanzo, sia in ritardo anche questo riuscirebbe facile.

Basta completare infatti il triangolo (fig. 4) con una terza resistenza 1-2 eguale alla 2-3 ed alla 1-2 e disporre un cursore spostabile oltre che tra M' e 2 anche tra M e 1 e tra M'' e 3. Allora deriveremo, per ottenere dei valori di γ tra 30° in avanzo e 30° in ritardo rispetto alla I, la corrente per le bobine B tra N ed M; per valori da 30° in ritardo a 90° tra N'' ed M''; per valori da 90° a 30° in avanzo tra M' ed N'.

Digitized by Google

È facile d'altronde ideare altri mezzi per ottenere l'eguale scopo di applicare agli estremi delle bobine in derivazione una tensione spostata di un angolo γ tale che sia eguale ma di senso opposto

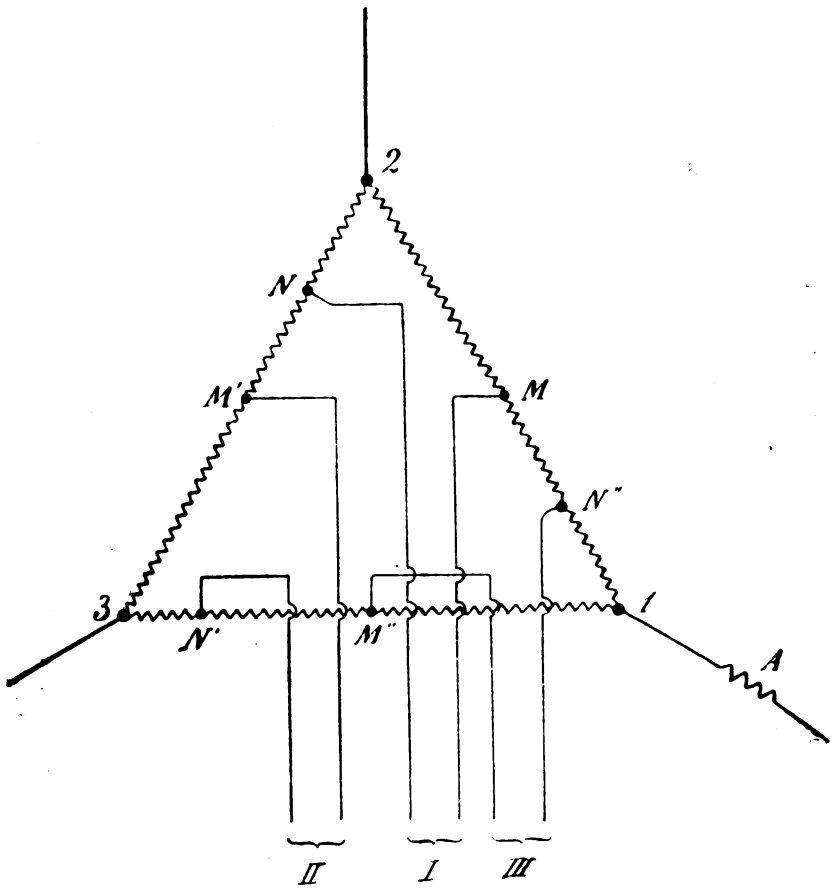


Fig. 4.

rispetto a quello di I con i, ossia tale da produrre l'arresto del disco suaccennato.

Ad esempio, anche una disposizione a stella con cursori spostabili sui bracci della medesima, si presterebbe bene all'uopo. Inoltre anche con altri sistemi diversi dal trifase (bifase, ecc.), si possono facilmente applicare dispositivi capaci di ottenere facilmente lo scopo.

Si può applicare quanto sopra anche per ottenere un apparecchio registratore o indicatore-registratore ad un tempo del fattore di potenza.

Digitized by Google

Sia infatti un sistema a servo-motore (elettrico, meccanico o di qualunque altra natura) disposto in modo che per ogni spostamento dell'organo mobile summenzionato, in un dato verso, il servo-motore sia posto in moto nel senso di arrestare l'organo mobile o col variare il rapporto tra reattanza e resistenza delle bobine in derivazione, ossia l'angolo θ (ad esempio spostando un nucleo di ferro) o spostando i cursori di presa di tensione che alimentano le bobine in derivazione od in qualunque modo agendo nel senso di ottenere sempre, come si disse, la corrente i in fase con la I.

Ora, se mediante una penna od altro organo scrivente, noi tracciamo sopra una carta, svolgentesi con velocità costante, una indicazione proporzionale allo spostamento che il servo-motore ha dovuto, ad esempio, far compiere al cursore che alimenta le bobine in derivazione, noi avremo così tracciato il diagramma delle variazioni che subisce il fattore di potenza in un dato tempo su di un dato circuito.

Nel caso che si trattasse di ottenere l'indicazione del fattore di potenza medio in un circuito trifase a carico squilibrato dovremmo avere un organo mobile, sul quale agiscano, in luogo di uno, tre dei soliti sistemi di bobine, parte in serie e parte in derivazione. Le bobine in serie di ciascuno di questi tre gruppi s'inseriranno rispettivamente nei fili delle tre fasi del circuito e l'arresto del disco si otterrà inserendo le relative bobine in derivazione in modo che la tensione ai loro estremi sia spostata rispetto alla corrente I di un angolo γ eguale ed opposto all'angolo medio φ-θ, essendo θ l'angolo, eguale per tutti i tre sistemi di bobine in derivazione, dello spostamento della corrente i che le percorre rispetto alla tensione e applicata ai loro estremi. L'apparecchio che voi vedete qui questa sera è costruito con una certa ingenua semplicità costruttiva che non serve male per uno scopo dimostrativo: e la casa con cui sono in trattative per la costruzione di tale apparecchio per ragioni indipendenti dalla mia e dalla sua volontà non ha potuto per questa sera fornirmene uno che rappresenti un tipo definitivo. Ad ogni modo posso mostrarvi alcune esperienze: il circuito su cui esso è inserito comprende un motorino trifase che marcia a vuoto con un $\cos \varphi$ assai basso, circa 0.25, ed in parallelo a questo delle lampade ad incandescenza che hanno naturalmente un fattore di potenza $=1$. Accendendo o spegnendo un certo numero di lampade ottengo un $\cos \varphi$ risultante più o meno alto nel circuito complessivo su cui è inserito l'istrumento.

Per ognuno di questi valori io trovo, spostando il cursore sulla parte graduabile della resistenza, una certa ben determinata posizione cui corrisponde l'arresto del disco; a queste posizioni del cursore io

Digitized by Google

non ho che scrivere vicino il valore del fattore di potenza, calcolato col solito metodo, ed ecco l'istrumento pronto a funzionare come fasometro a lettura diretta.

E la sensibilità è abbastanza grande perchè basta accendere o spegnere una sola lampada alzando od abbassando quindi leggermente il valore di φ per vedere il disco girare decisamente in un senso od un altro dopo che si era raggiunta la posizione di equilibrio.

Io penso che l'apparecchio costruito a dovere, potrà rendere alla industria dei servizi sotto diversi aspetti; ma due io credo saranno le applicazioni principali che, secondo la mia esperienza personale, potrà avere questo istrumento.

Una sarebbe la costruzione di un apparecchio robusto, trasportabile, mediante il quale un solo osservatore con una sola lettura e senza bisogno di calcolo potesse determinare il fattore di potenza dei motori o delle installazioni, attaccate ad una rete.

Infatti qualunque Società che venda energia per motori si fa un dovere di prescrivere che questi non debbano avere un fattore di potenza inferiore ad un certo valore per ragioni ovvie. Ma il rilevare un fattore di potenza richiede coi metodi ordinari diverse letture, diversi operatori, calcoli noiosi e lunghi, così che in generale tali regolamenti restano lettera morta.

Un altro caso è offerto dalle centrali; specie là dove si abbiano impianti complessi, con diverse stazioni che agiscano in parallelo o con sottostazioni con motori sincroni. Sarebbe utilissimo per la migliore utilizzazione delle macchine e delle reti di poter sempre controllare il fattore di potenza su cui la centrale lavora; ma anche qui non si potrà pretendere che questo si faccia in modo continuo finchè questo valore non si potrà avere che in modo indiretto e laborioso. Un tipo quindi del mio apparecchio di grande portata per centrali e probabilmente anche unito ad un registratore sarebbe assai importante specie negli impianti dove sono motori sincroni ed asincroni ed in generale distribuzioni complesse.

Altre forme potrà certo assumere l'apparecchio ed avere altre applicazioni; ad ogni modo credo che queste cui ho accennato siano bastevoli ad attrarre su di lui la vostra benevola attenzione.

Digitized by Google

CONFERENZE

N. 27.

I MODERNI CONTATORI DI ENERGIA ELETTRICA

CONFERENZA

del **Prof. CARLO MONTÙ,** *tenuta alla Sezione di Napoli dell'A. E. I.*

Giugno 1904.

Fra le parti che trovano uno svolgimento maggiore nel mio corso di misure v'ha quella che riguarda i contatori di energia elettrica. Per tanti altri argomenti che dovetti pure ampiamente trattare talvolta mi dolsi di dovere per essi sovraccaricare i nostri allievi; per quello riguardante i contatori dichiaro francamente che questa tema non l'ebbi mai. I contatori in generale e quelli elettrici in particolare rappresentano tutto ciò che vi è di più perfezionato in fatto di congegno elettromeccanico, costituiscono il felice ed ingegnoso connubio dei più eleganti artifizi e riescono quindi grandemente istruttivi nel far rilevare all'osservatore metodi e forme per conseguire determinati effetti. Non devo tacere poi che il contatore è il misuratore industriale per eccellenza, è lo strumento unico e vero che nella pratica esplicazione dell'esercizio elettrico compie automaticamente quelle misure che sono scopo ultimo e pratico di un insegnamento applicato, quindi la necessità di studiarlo e di conoscerlo non solo in teoria, nelle sue linee generali, ma bensì quella di esaminare in ogni caso e per ogni tipo le particolarità di costruzione e di funzionamento e saperne in ogni caso valutare i difetti correggendo quella parte che ne è causa. In un momento di tanto positivismo, mentre, all'egida delle più sfrontate affermazioni di disinteresse, il mondo si affanna e lotta disperatamente per la vita, io credo possa riuscire non privo d'interesse riassumere brevemente tutto quanto si riferisce ai moderni contatori di energia, soprattutto qui ove per la forma svariata in cui viene prodotta e distribuita la corrente elettrica, le Società concessionarie hanno sperimentato i diversi tipi di misuratori ed è pur bene che almeno dai tecnici si sappia come questi sistemi sono costituiti, se e come essi siano suscettibili di dare indicazioni esatte; se si possa con essi regolare in modo equo i rapporti di compra e vendita dell'energia fra le due parti contraenti per l'intermediario del contatore.

Digitized by Google

Non tutti a Napoli sanno, molti vogliono ignorare che l'energia elettrica si ha qui a prezzo minore che in ogni altra città d'Italia: io non credo di venir meno a quella oggettività di linguaggio e di azione che mi è riconosciuta augurandomi che la mia comunicazione serva almeno a sfatare le gratuite affermazioni calunniose contro i misuratori di energia che in un paese tanto diffidente come questo si vorrebbero far credere costruiti proprio in modo particolare per servire da agenti segreti delle Società a puro danno degli utenti.

Per chi poi intendesse rivolgere a questo argomento speciale attenzione riuscirà facile la comprensione dettagliata del funzionamento singolo di ciascun tipo, ricorrendo agli stessi sunti delle mie lezioni od a quegli altri trattati che hanno di proposito svolti tali concetti.

*
* *

È notorio che i wattometri a qualunque tipo essi appartengano e da qualunque principio di funzionamento conseguano costituiscono in linea di principio la parte essenziale di un contatore di energia: basta pensare che al wattometro propriamente detto si aggiunga un opportuno apparecchio integratore. I moderni contatori d'energia sono tutti quanti o *motori,* od *oscillanti,* avendo quelli ad integrazione discontinua persa gran parte della loro importanza per la maggiore complicazione dei meccanismi.

Se alla coppia motrice si oppone una coppia resistente proporzionale alla velocità di rotazione, l'organo mobile prenderà una velocità proporzionale alla coppia motrice cioè all'energia che si vuol misurare: il cammino percorso dall'organo mobile sarà allora evidentemente proporzionale al lavoro consumato.

In tutti i contatori, la forza motrice che lo mette in marcia è proporzionale all'energia da misurare e affinchè lo strumento dia delle indicazioni proporzionali al lavoro consumato occorre che la coppia resistente sia proporzionale alla velocità: le letture delle indicazioni si rilevano sopra un sistema di quadranti graduati ovvero per ricambio automatico e continuo di cifre: in entrambi i casi viene per tal fatto aggiunto uno speciale congegno di orologieria.

Da queste premesse conseguono facili le ragioni per cui nei contatori sieno congenite delle cause di errore, come per azionare i loro sistemi mobili occorra una spesa di energia, e puossi dedurre come nelle moderne costruzioni si sia sovratutto cercato di sminuire il consumo proprio riducendo al minimo le resistenze passive che sono essenzialmente la causa prima del funzionamento anomalo specialmente pei piccoli carichi.

Digitized by Google

***

Al primitivo tipo Thomson (fig. 1), in cui per correggere l'inerzia di primo distacco si ricorreva ad un compoundaggio costituito dalla spiralina voltometrica concentrica a quella amperometrica, fece seguito il tipo Vulcain (fig. 2) nel quale era essenzialmente perfezionato il sistema elastico di sospensione della parte rotante, mentre la forma anulare verticale data allo smorzatore garantiva in ogni

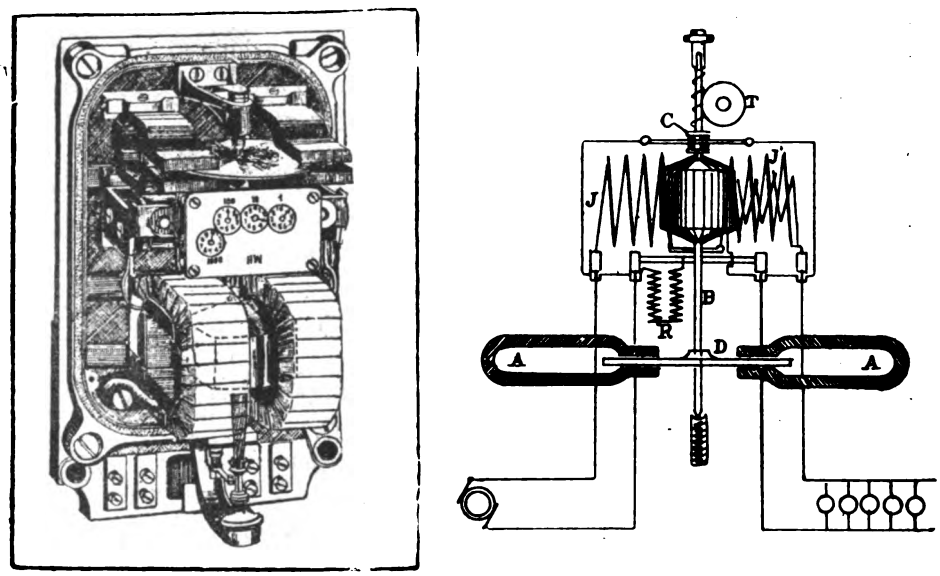


Fig. 1. CONTATORE THOMSON.

punto dell'anello la stessa velocità tangenziale, ciò che non realizzasi invece negli smorzatori a disco. Derivato dal tipo Thomson è pure di uso esteso il modello Lux (fig. 3) che invece d'avere l'indotto a tamburo ad avvolgimento chiuso, lo ha ad avvolgimento aperto costituito da tre spirali anulari piatte. È pregio di questa disposizione di dare per uno stesso peso di rame una maggior coppia motrice, od altrimenti, per una stessa coppia motrice, maggior leggerezza dell'indotto.

Nel contatore Schuckert mod. *GB* (fig. 4) e in quello mod. *GK* (fig. 5) nulla vi ha di essenziale e di diverso: in entrambi puossi notare lo schermo magnetico fra il disco smorzatore e gli avvolgimenti superiori; nel secondo è speciale la forma ed il modo di regolazione della spiralina di compound.

Digitized by Google

Un contatore speciale per correnti continue è quello oscillante dell'A. E. G. (fig. 6) nel quale si usufruisce del principio delle impulsioni elettrodinamiche fra una bobina mobile S ed una fissa h. Il verso

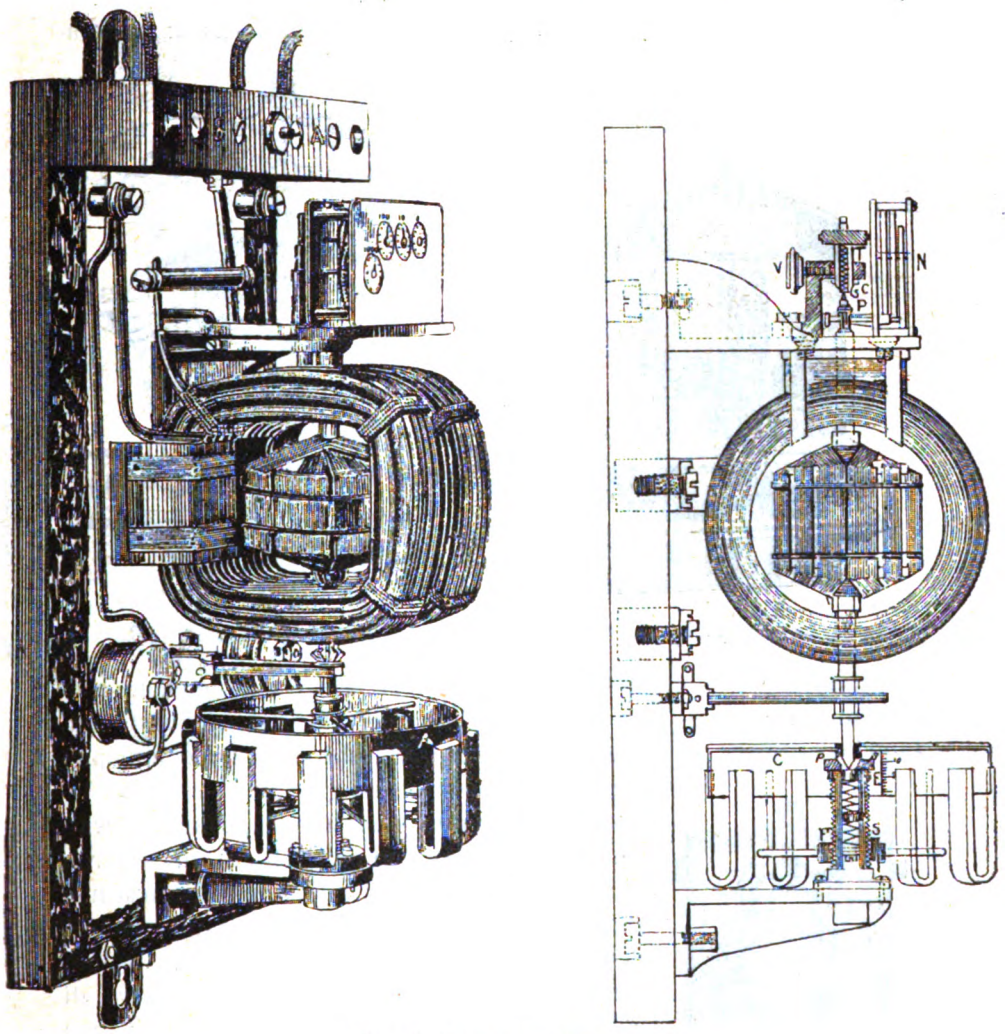


Fig. 2. Contatore Vulcain.

della corrente in h è costante, mentre in S si inverte periodicamente per mezzo di un interruttore automatico K che urtanto contro gli arresti limita la corsa di S elettricamente collegata all'áncora R del relais.

In figura sono chiaramente indicate le varie posizioni di S (fig. 7 e 8) ed è da notare il pregio essenziale del congegno invertitore per cui si evita qualsiasi scintillamento.

Digitized by Google

*
* *

In linea di massima i contatori derivati dal principio del wattometro elettrodinamometrico possono esser impiegati tanto in circuiti di corrente continua quanto in quelli di corrente alternata: basterà

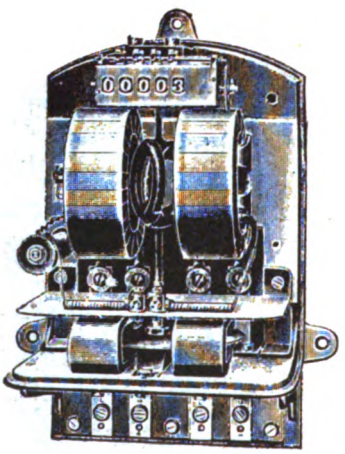


Fig. 3. Contatore Lux. Mod. *NR*.

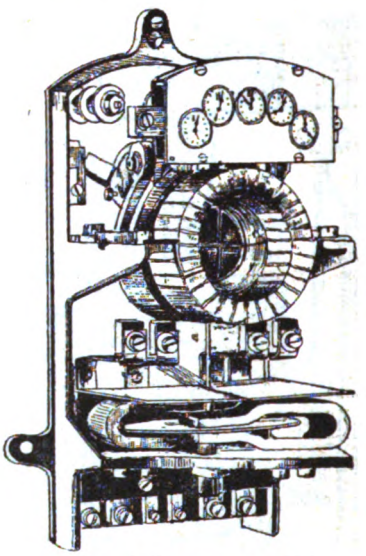


Fig. 4. Contatore *GB*.

notoriamente che sia nulla la differenza di fase fra la tensione e la corrente circolante nella spirale mobile derivata, che in questi contatori costituisce l'indotto del motorino. Questa condizione non può rigorosamente ottenersi giacchè il circuito derivato per quanto lo si intenda, come nei wattometri, diviso in due parti, di cui una esterna al sistema motore e di massima resistenza non induttiva, l'altra costituente la spirale mobile deve, per ottenere dallo strumento la voluta sensibilità, possedere sempre un numero di spire considerevole. Evidentemente deve poi assolutamente mancare il ferro che per la sua variabile permeabilità provocherebbe fenomeni induttivi variabili.

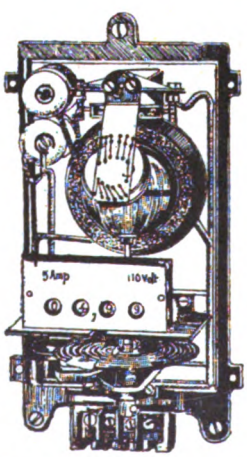


Fig. 5. Contatore *GK*.

La Casa Schuckert parallelamente al contatore *GB* per corrente continua costruisce il modello *GW* (fig. 9) utibile eziandio in circuiti di corrente alternata.

Digitized by Google

***

In tutti i contatori descritti è da notare che la corrente circolante nella spiralina mobile deve addursi a quest'ultima mediante contatti striscianti cioè per l'intermediario di spazzoline poggianti su sistemi collettori. La presenza di questo congegno è un inconveniente nella costanza di buon funzionamento dei contatori stessi.

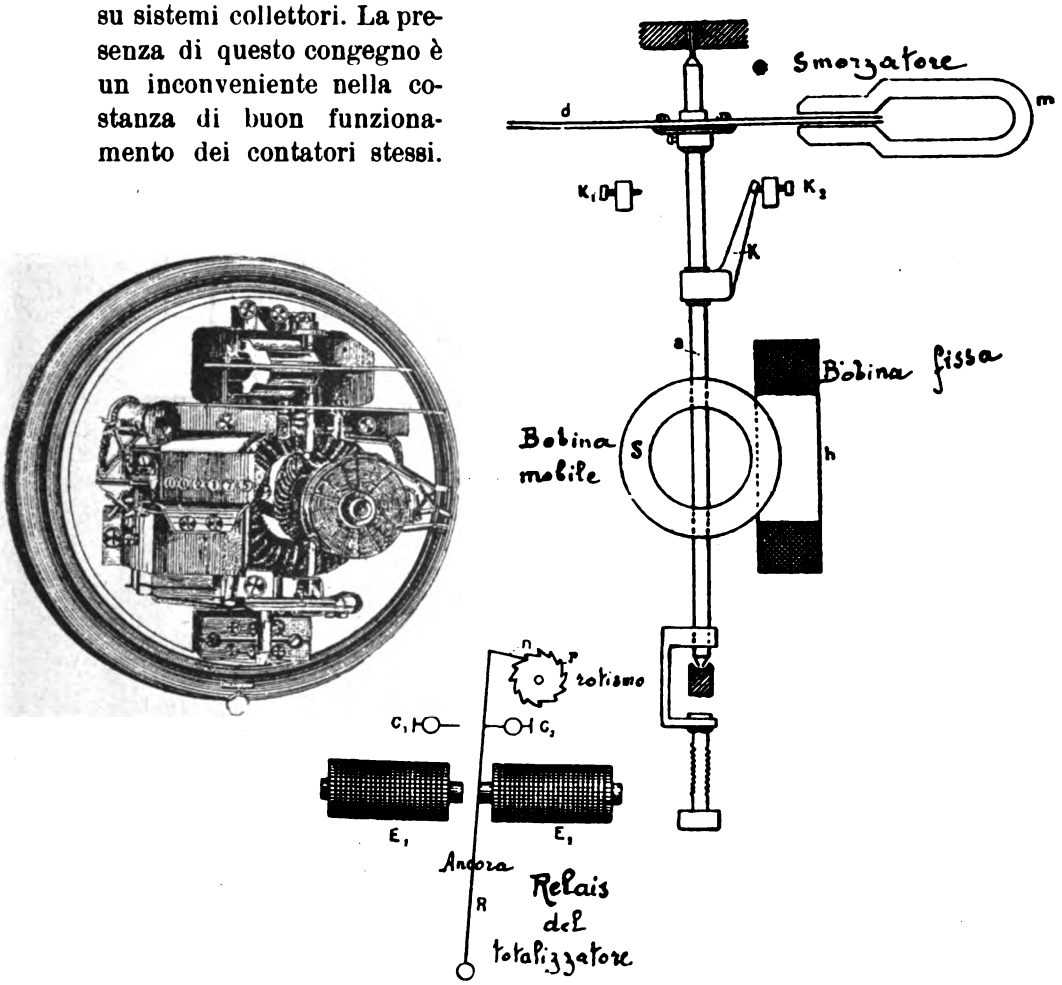


Fig. 6. CONTATORE OSCILLANTE DELL'A. E. G.

L'infiltrazione di materie eterogenee, il pulviscolo, lo stesso scintillamento che talvolta può verificarsi ed aumentarsi per non perfetta aderenza delle spazzoline sono tutte cause per cui viene infirmata la regolare marcia di questi contatori. Inoltre è difetto congenito per essi l'avere, degli avvolgimenti percorsi da corrente, in moto.

Digitized by Google

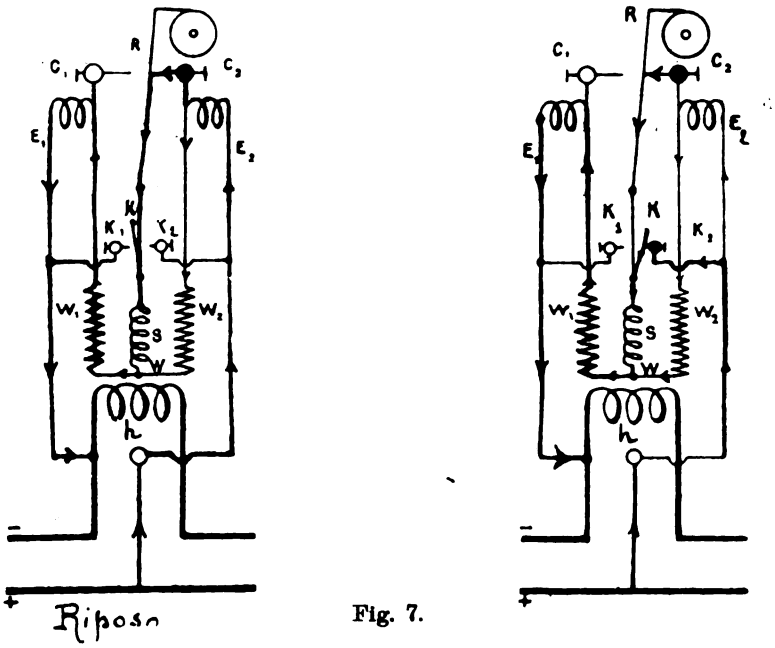


Fig. 7.

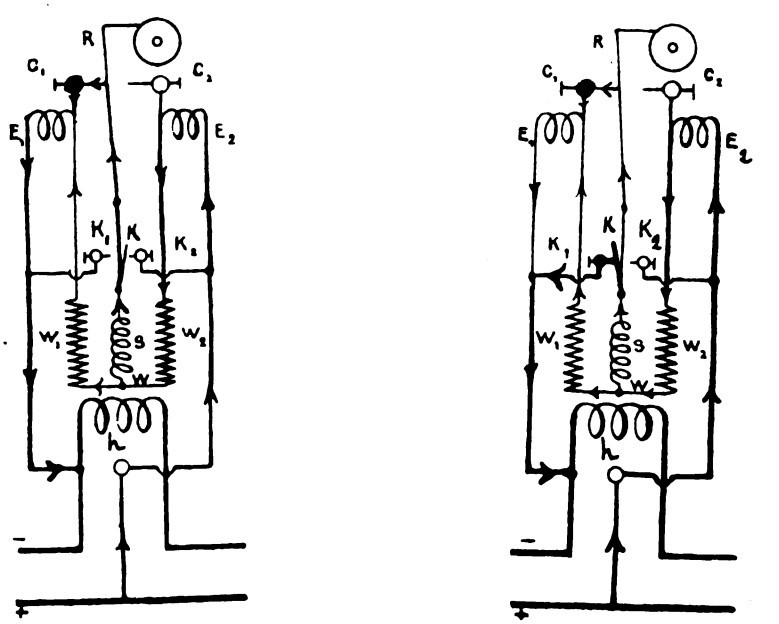


Fig. 8.

Digitized by Google

A rimediare essenzialmente a quest'ultimo inconveniente fu ideato dal Peloux il contatore Siemens (fig. 10) cosidetto ad alette, caratterizzato dal fatto che tutte le spirali sono fisse e la parte mobile è costituita unicamente da una doppia armatura in ferro dolce che successivamente magnetizzata dalla corrente circolante corrispondentemente in ognuna delle bobine derivate viene attratta e sempre in

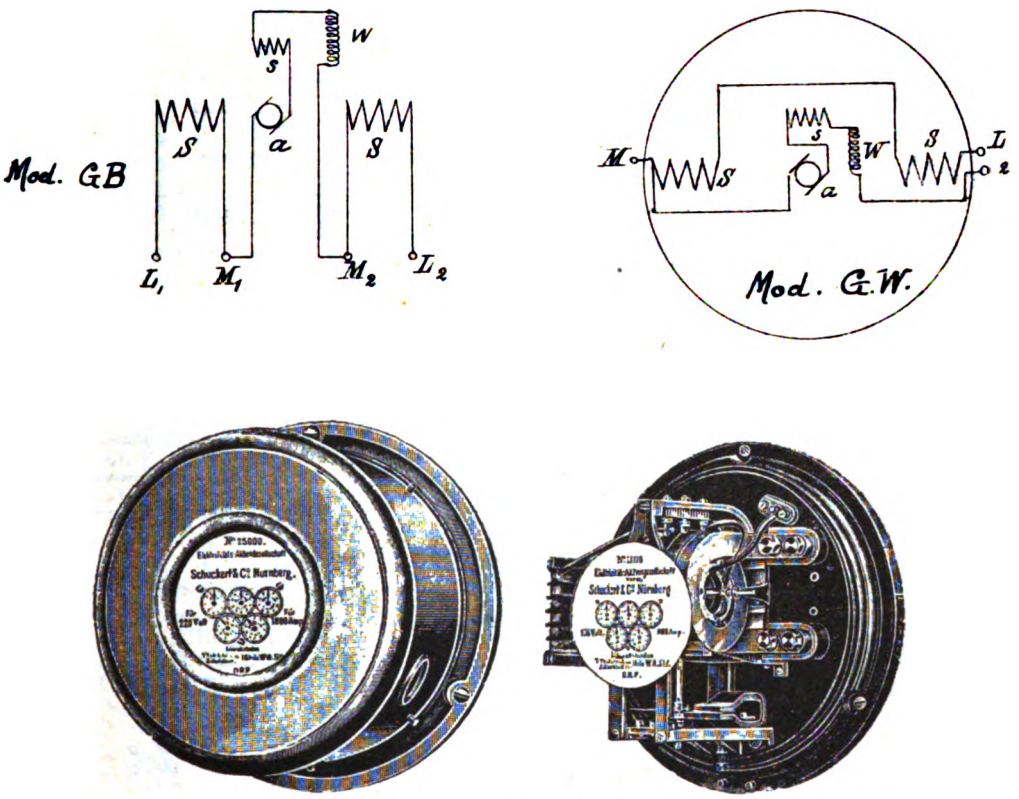


Fig. 9. Contatore Mod. *GW*.

unico verso dalle spirali fisse amperometriche. L'aletta rimane magnetizzata successivamente per durate di tempo eguali e corrispondenti al tempo ch'essa impiega a descrivere un angolo di 90°.

Un commutatore speciale (fig. 11 e 12) stabilisce i contatti in I, II, III, IV e per tal guisa magnetizzandosi alternativamente l'aletta superiore e poi l'inferiore, mentre la corrente derivata passa da N_1 in N_3 poi in N_2 e quindi in N_4 si produce nel contatore un moto di rotazione continuo.

Digitized by Google

*
* *

Se con questo ultimo tipo di contatore si ovvia all'inconveniente dei circuiti mobili e se quindi esso si può riguardare fra quelli elettrodinamometrici come uno fra i più perfezionati, anche per esso

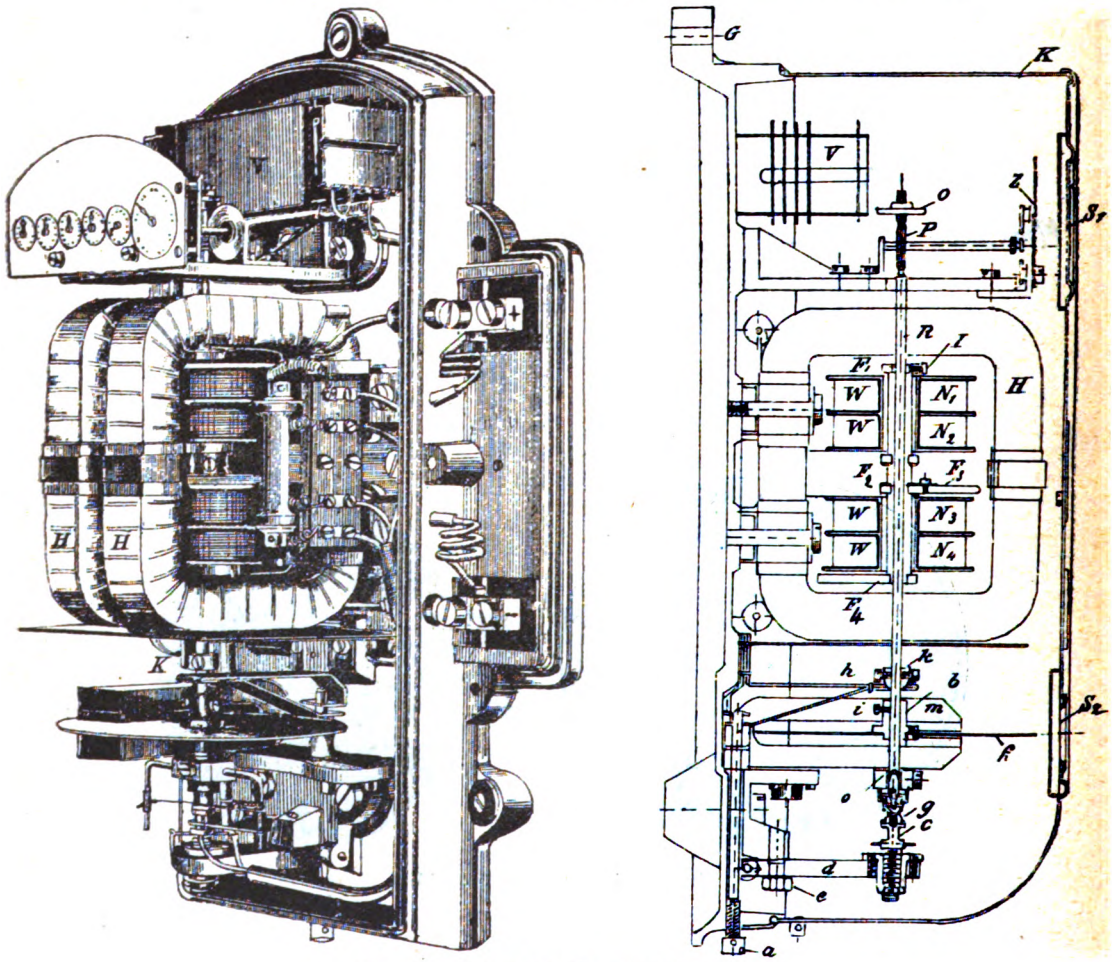


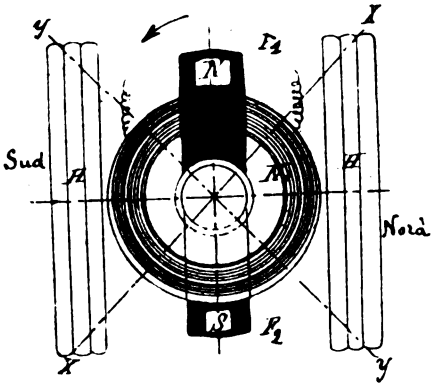
Fig. 10. CONTATORE SIEMENS-PELOUX.

però è da osservare che per l'adduzione della corrente si deve ineluttabilmente far ricorso a contatti striscianti che costituiscono pur sempre una fra le più gravi cause di eventuale funzionamento anomalo ed irregolare dei contatori.

Se si pon mente che in tali strumenti, come del resto in generale nei wattometri, adoperati in circuiti per corrente alternata, non

Digitized by Google

completamente privi di selfinduzione, poichè rigorosamente parlando il sistema misuratore per sè stesso ha sempre una certa indistruttibile selfinduzione, l'indicazione del contatore è sempre maggiore



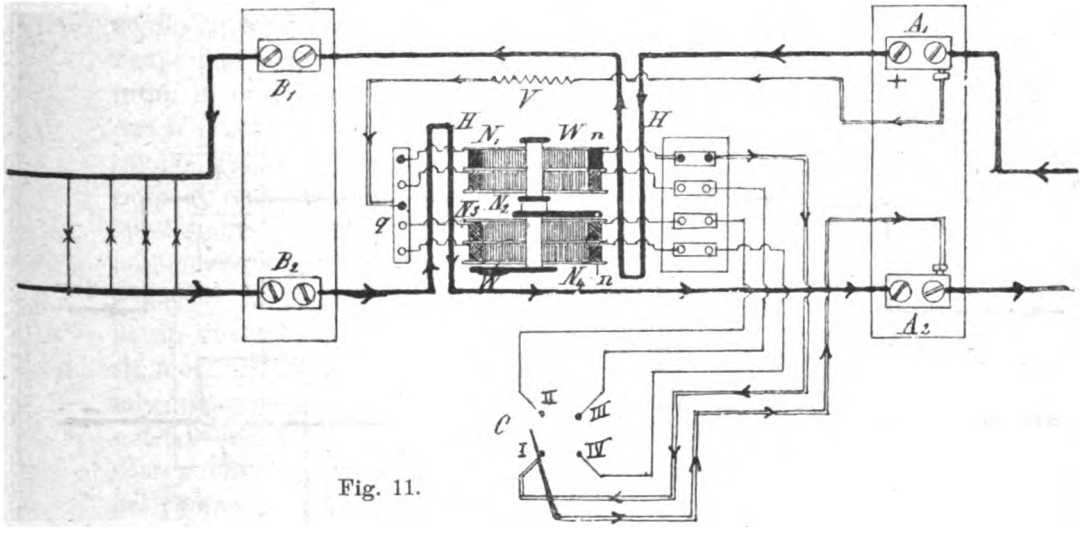


Fig. 11.

della vera si spiega come per misurare l'energia in circuiti di correnti variabili si sia di proposito cercato di costruire strumenti fondati sopra principî diversi, nei quali oltre a non aver organi in moto percorsi da corrente si potesse pure prescindere da qualsiasi contatto strisciante; indipendentemente dal consumo proprio del contatore che nei moderni strumenti si è cercato con ogni artificio di ridurre al minimo è ovvio che se per correnti continue è giuocoforza di valersi di contatori alla Thomson, per quelle alternate, potendolo, sarà conveniente adottare tipi nei quali si possa, *a priori*, garantire la rego-

Digitized by Google

larità d'indicazioni almeno sotto tal punto di vista. Si ritenga che per migliorare le condizioni di buon funzionamento dei contatori alla Thomson si costituiscono le spazzole con metalli difficilmente

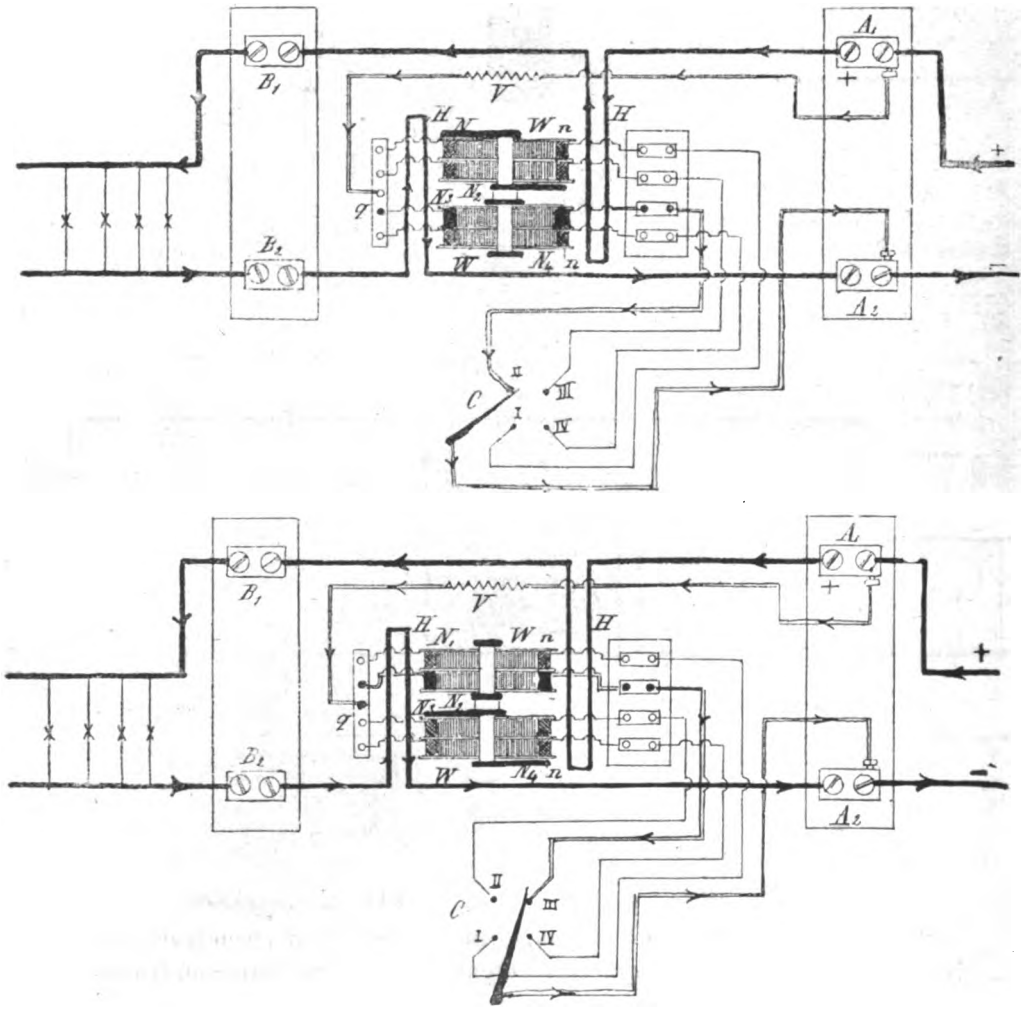


Fig. 12.

ossidabili, mentre per sminuire il difetto di una selfinduzione propria si suole nei modelli che debbono servire anche per correnti alternate costituire la spiralina di compound ponendola in un circuito derivato direttamente, cioè indipendente da quello che costi-

Digitized by Google

tuisce l'avvolgimento d'armatura per non aumentarne inutilmente l'induttanza. Il Frager propose all'uopo un artificio che fu poi adottato comunemente in contatori d'altri tipi, consistente nel creare uno sfasamento artificiale nel contatore in modo da neutralizzare l'effetto della selfinduzione propria, della quale quindi non occorre che determinare esattamente il valore.

***

I contatori, speciali per correnti alternate, nei quali non esistono circuiti in movimento e mancano contatti striscianti sono quelli modernamente chiamati ad induzione, ma che io voglio invece intitolare dal nome glorioso di colui che intuì il principio sul quale essi si fondano, che creò quel campo magnetico rotante, foriero di tanto progresso nelle applicazioni elettrotecniche, nocciolo vigoroso di tante altre scoperte! A Galileo Ferraris parmi doveroso intitolare questi moderni misuratori ed io mi compiaccio chiamarli del 1° o del 2° tipo secondo che essi conseguono dal modello tipico del campo rotante, oppure se ne scostano essenzialmente per la posizione relativa delle varie loro parti. I contatori di questa specie sono dei veri e proprii motorini ad induzione, cioè ansicroni. Mentre la coppia resistente contraria a quella motrice è dovuta come in tutti gli altri alle correnti di Foucault indotte in un disco solidale alla massa mobile e muoventesi fra le estremità polari di magneti permanenti, il campo rotante può esser generato da due spirali perpendicolari fra loro e attraversate da correnti sfasate più o meno approssimativamente di $^1/_4$ di periodo, oppure la rotazione dell'organo mobile si ottiene per l'azione concomitante di due campi induttori paralleli fra loro e normali al

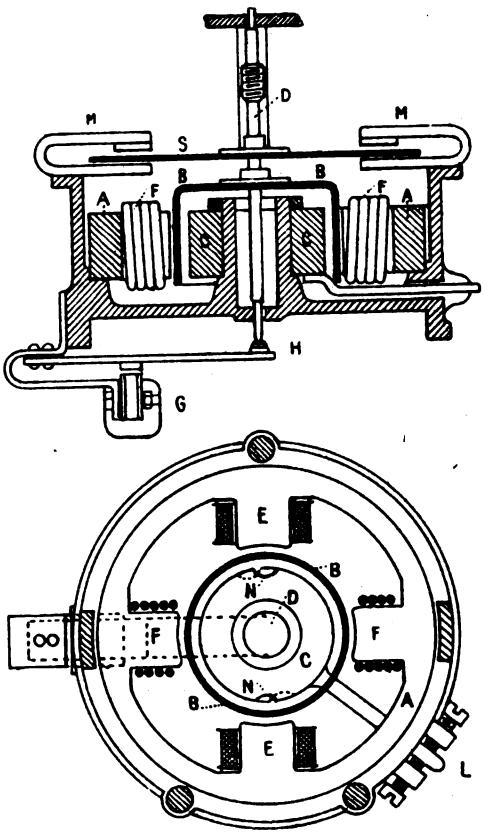


Fig. 13. Contatore Ferraris.

Digitized by Google

disco: in questi ultimi, che sono quelli del 2° tipo, la coppia motrice consegue dalla reazione esercitata dall'uno dei due campi induttori sulle correnti indotte nel disco dall'altro campo.

I contatori del 1° tipo non sono adoperabili che per correnti di frequenza eguale a quella per la quale furono tarati e le indicazioni loro sono variamente influenzate dalla forma della corrente. Quelli del 2° tipo non presentano invece in egual grado tale inconveniente perchè le correnti indotte hanno in tal caso una forma più direttamente dipendente da quella delle correnti induttrici. Nei contatori a campo rotante contenenti del ferro, i campi induttori hanno una intensità che non cresce esattamente in proporzione della corrente,

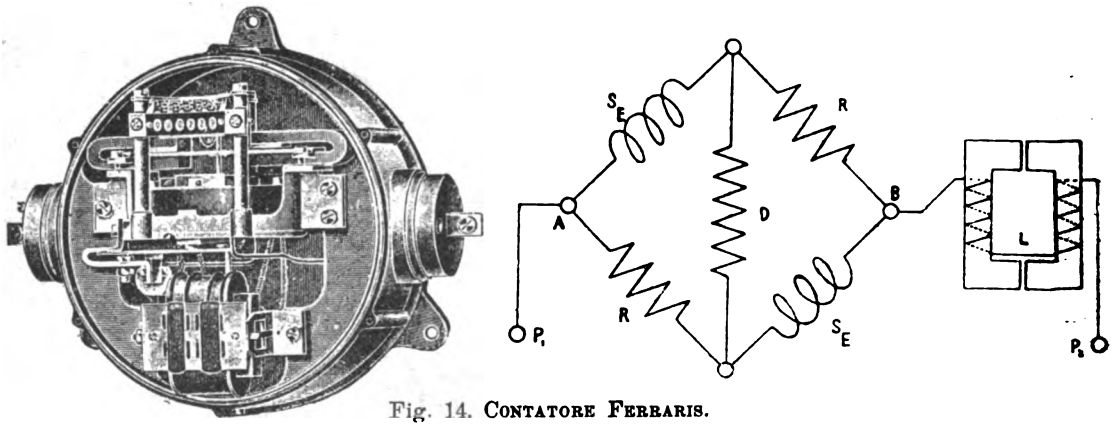


Fig. 14. CONTATORE FERRARIS.

epperò col crescere del carico s'ingenera un errore gradatamente crescente.

Per eliminare questo e l'altro, in qualche caso conseguente dai magneti smorzatori influenzati eventualmente dal campo principale, si sogliono adottare per questo dei nuclei poco saturi e per contro dei magneti smorzatori fortemente magnetizzati, mentre poi talvolta si provoca una coppia motrice ausiliaria di compensazione. Questa ultima si ottiene munendo i poli dell'elettrocalamita principale con schermi in rame aventi tutte le loro estremità rivolte nel senso della rotazione del disco.

*
* *

Il contatore Siemens (fig. 13) è quello tipico a campo Ferraris.

È notevole in esso soprattutto il congegno elettromagnetico *G* per ridurre al minimo le resistenze di attrito nonchè gl'intagli *N* che creando una disimmetria del campo facilitano l'avviamento del contatore anche per i minimi carichi.

Digitized by Google

Originale è pure il dispositivo (fig. 14) per regolare lo sfasamento fra i due campi: le bobine derivate S_E sono connesse con altre resistenze ohmiche R giusta i quattro lati di un ponte di Wheatstone e la resistenza D e la bobina induttiva L possono esser regolate così da ottenere in ogni caso la differenza di 90° voluta.

La Casa Hartmann e Braun (fig. 15) costruisce pure un contatore d'energia per circuiti di corrente alternata monofase giusta il 1° tipo Ferraris. È da notare che l'elettrocalamita principale A è lamellare

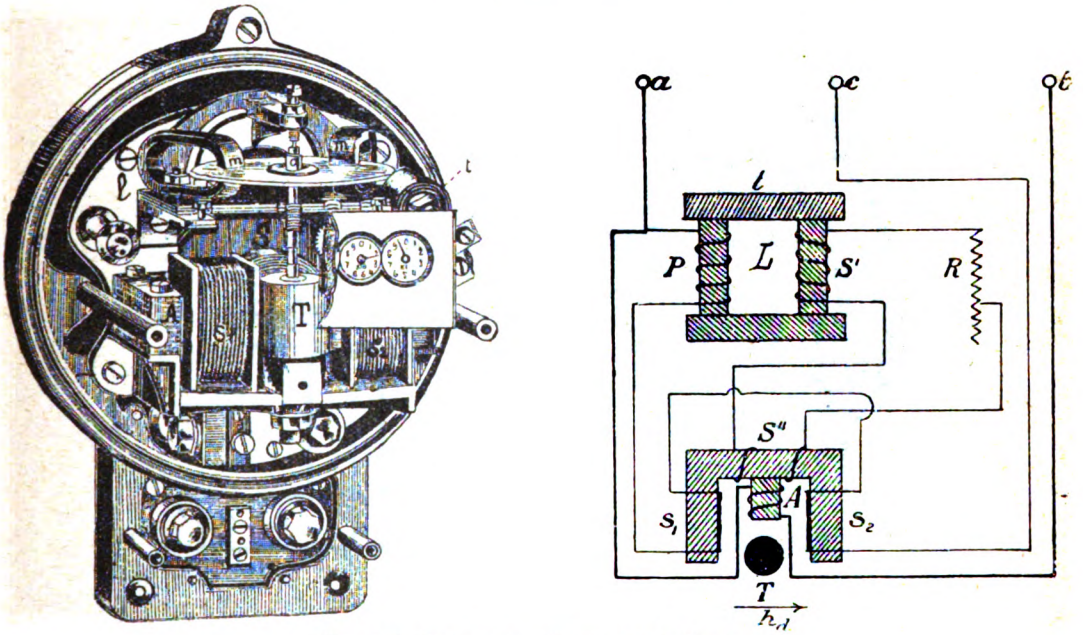


Fig. 15. Contatore Hartmann e Braun.

e fra l'apparecchio motore e quello smorzatore è inserito un sistema di lamelle l che evitano qualsiasi influenza elettromagnetica sulle calamite.

Per variare la regolazione del contatore basta spostare il sistema derivato mobile per rispetto a quello amperometrico fisso. Anche qui un dispositivo speciale serve per ottenere lo sfasamento voluto: epperò benchè vi sia modo di variare e resistenza e selfinduzione del sistema è da notare che una variazione di R provoca automaticamente la variazione di L giacchè quest'ultima è ottenuta per l'intermediario del trasformatore t chiuso in circuito con R.

Anche la casa A. E. G. (fig. 16) costruisce uno speciale contatore di questo tipo notevole anch'esso per il dispositivo speciale in

Digitized by Google

cui proporzionando convenientemente R e B si può regolare lo sfasamento così da rendere l'istrumento atto a misure in circuiti con carichi induttivi.

***

I contatori pertanto che vanno soprattutti diffondendosi per misure in circuiti di corrente alternata sono quelli del 2° tipo Ferraris,

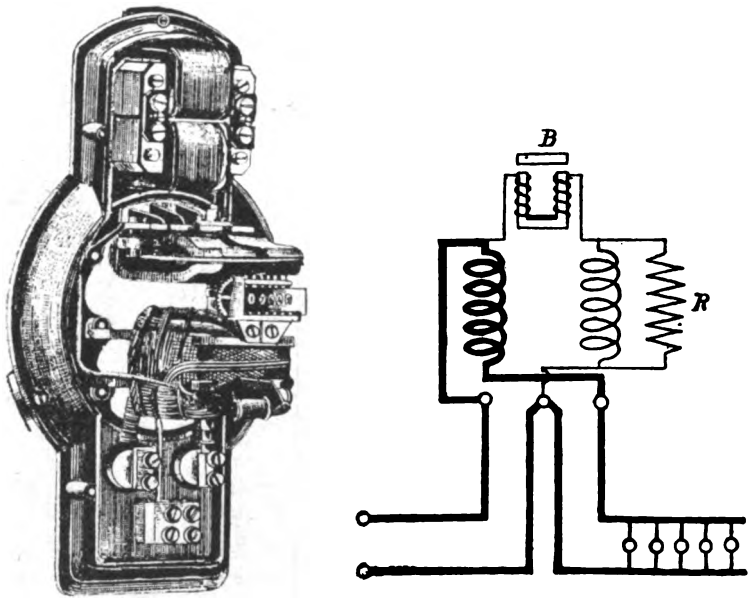


Fig. 16. Contatore A. E. G.

cioè a campi paralleli, altrimenti noti sotto il titolo di contatori ad induzione.

In generale per un ordinario motore a campo rotante, il momento di rotazione che i due campi magnetici esercitano sul rotore metallico si esprime notoriamente in funzione del seno della differenza di fase fra la corrente principale e la corrente derivata con la formola

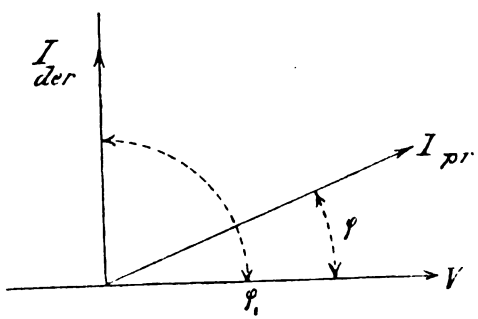
$$D = K \,.\, I_{pr} \,.\, I_{dr} \,.\, \text{sen}\,(\varphi_1 - \varphi)$$

ove, supposto che la fase dei due campi coincida con quella delle due correnti rispettivamente utilizzate (fig. 17) nel motore, si voglia indicare con φ_1 la fase della corrente derivata e con φ quella della corrente principale, riferite per esempio entrambe alla fase del potenziale presa come fondamentale. Ma se si varia eventualmente la

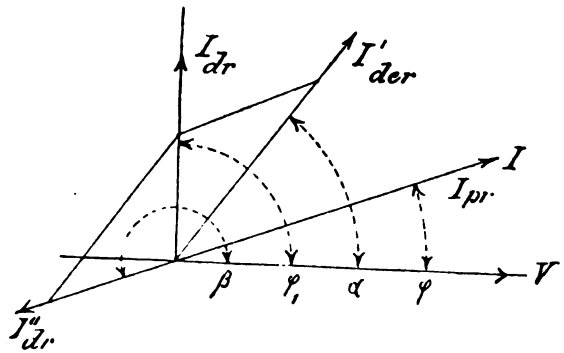
Digitized by Google

Fig. 17.

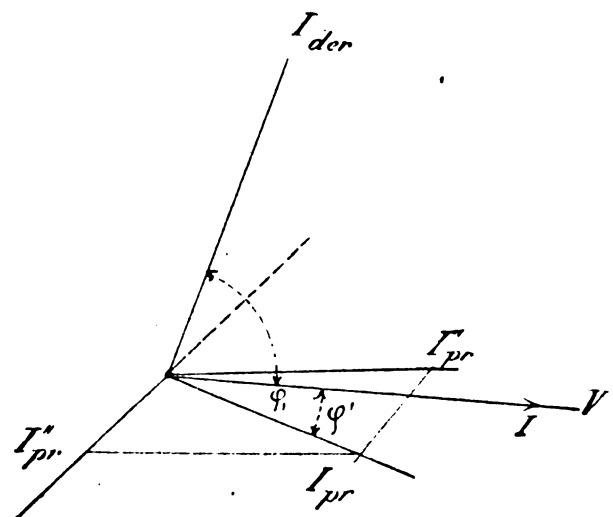
CONTATORI AD INDUZIONE.



Spostamento di fase di I_{der}.



Spostamento di fase di I_{der} scomponendola in I'_{der} e I''_{der}.



Spostamento di fase di I_{der} e di I_{pr}. scomponendo I_{pr} in I'_{pr} ed I''_{pr}.

Digitized by Google

fase di uno dei campi rispetto a quelle della corrente principale o derivata, allora invece di sen $(\varphi_1 - \varphi)$ dovrà scriversi

$$\text{sen}\,(\varphi_1 \pm \varphi' - \varphi)$$

chiamando con φ' la fase realizzata nel campo in relazione alla corrente che lo produce.

Dalla teoria si sa che affinchè un contatore ad induzione funzioni in qualunque caso come un wattometro rigorosamente esatto dev'essere nei due casi considerati, rispettivamente

$$\varphi_1 = 90^0$$

oppure

$$\varphi_1 \pm \varphi' = 90^0.$$

Nel caso più semplice, ferma restando la fase di I_{pr}, basta spostare la fase di I_{dr} di circa 90^0 orientando il campo da essa generato normalmente a quello della corrente I_{pr}. Un tal contatore è

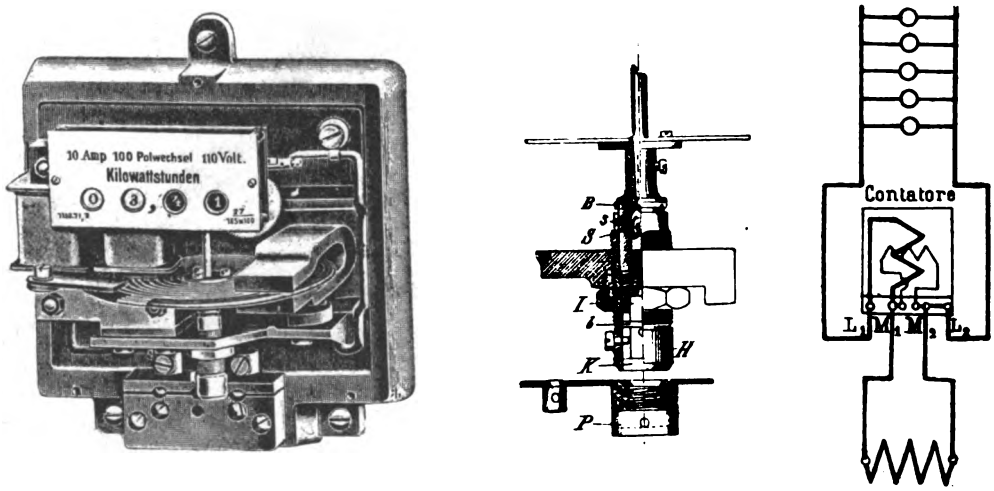


Fig. 18. Contatore *WB*.

esatto solo però nel caso in cui sia φ piccolo: suolsi praticamente ritenere utibile soltanto in circuiti non induttivi e la teoria insegna che l'errore relativo delle indicazioni di tali contatori, minori delle vere, cresce col carico e col crescere dello sfasamento nel circuito d'utilizzazione.

Risultati esatti si conseguono invece scomponendo ad arte nel contatore e con una doppia derivazione la I_{der} in I'_{der} ed I''_{der} per modo che la risultante abbia fase normale a V. La I''_{der} sarà perciò

Digitized by Google

provocata da un circuito molto induttivo: la I'_{der} provocata da un circuito con minore selfinduzione a connessioni rovesciate.

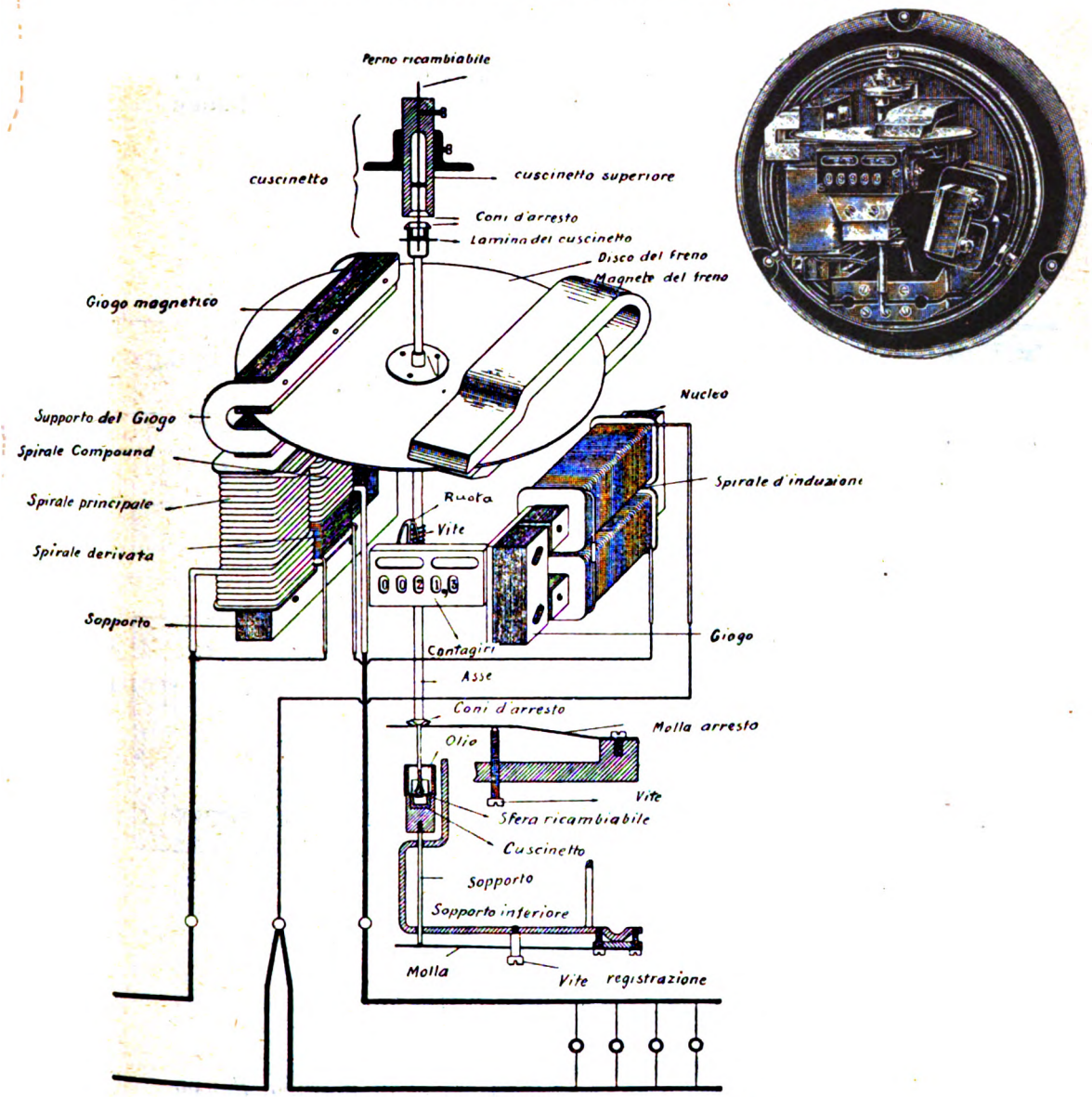


Fig. 19. CONTATORE *KW* DELL'A. E. G.

Altrimenti si possono nel contatore variare anche le fasi relative dei campi prodotti dalla corrente principale scomponendola così

Digitized by Google

che la risultante dei due campi principali componenti soddisfi alla condizione

$$\varphi_1 \pm \varphi' = 90^\circ.$$

In questo terzo modello il campo derivato è provocato da un circuito notevolmente induttivo: il campo principale nel contatore

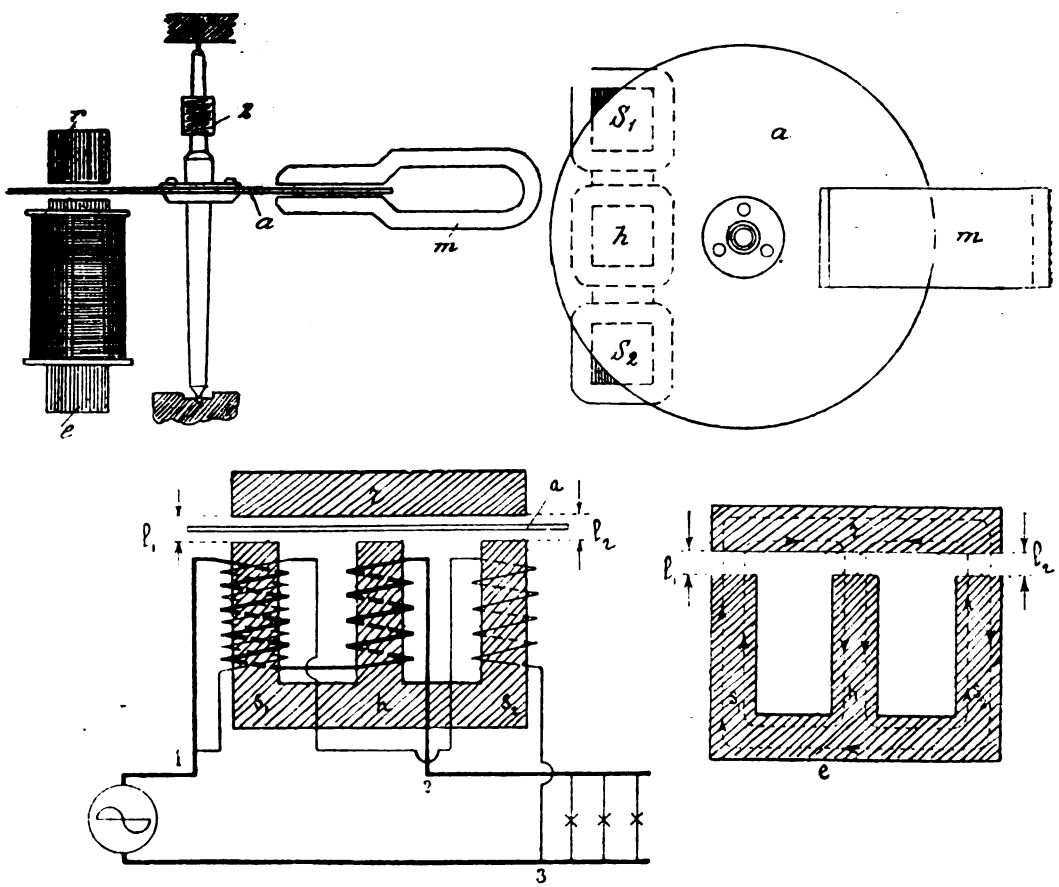


Fig. 20. Contatore *KW*.

invece provocato da due campi derivati dei quali il primo I'_{pr} pochissimo induttivo e l'altro I''_{pr} notevolmente ritardato ed in opposizione.

Esaminiamo ordinatamente i contatori ad induzione derivati da ciascuno di questi artifizi.

Digitized by Google

*
* *

Il modello *WB* (fig. 18) costruito dalla Casa Schuckert è del primo modello, economico, ma esclusivamente adatto per circuiti non induttivi mancando di qualsiasi apparecchio ausiliario di compensazione. Non ha particolarità sulla sua costituzione elettrica semplicissima, ma è notevole invece la sua robustezza e la solidità del sopporto di base.

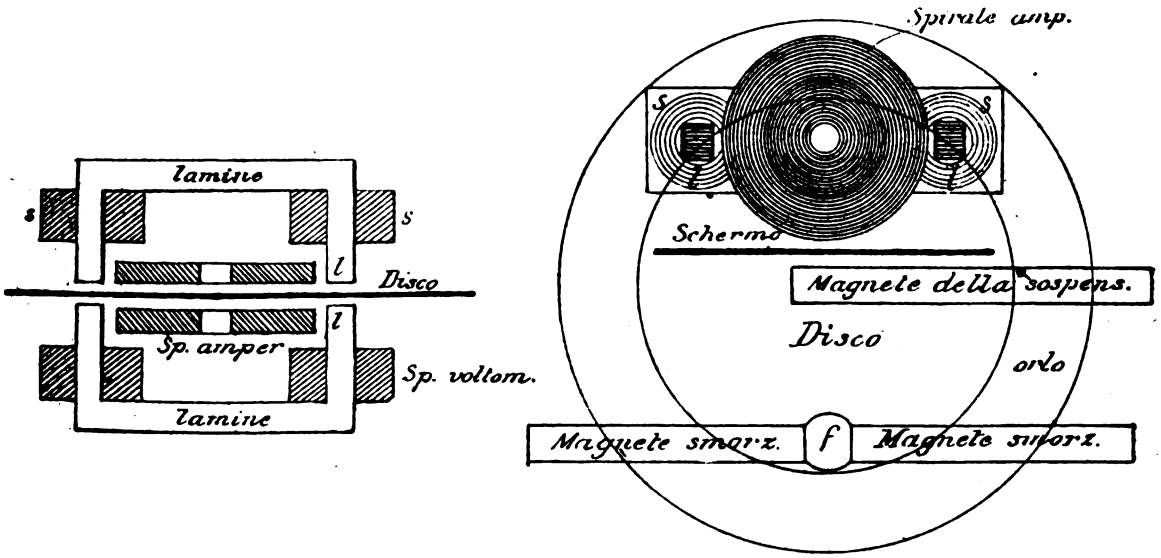


Fig. 21 CONTATORE STANLEY.

Anche il contatore Hummel *KW* dell'A. E. G. (fig. 19) è di questo modello, ma molto più artificiosamente costruito. Il disco di rame si muove nell'interferro dell'elettrocalamita tripolare *e* i cui nuclei s_1 ed s_2 sono eccitati dalla corrente derivata e da quella principale circolante nelle bobine di *h* e s_1.

L'armatura (fig. 20) *r* è ad arte inclinata così che gli interferri l_1 ed l_2 riescono diseguali e quindi è facilitato l'avviamento del contatore anche per i minimi carichi.

Il campo magnetico prodotto dalle spirali in serie ha tale influenza sui campi prodotti dalle spirali in derivazione che mentre quello di destra si indebolisce, quello di sinistra aumenta d'intensità. Il nucleo s_1 si saturerebbe perciò prima di s_2 e non si potrebbe in tal caso far assegnamento sulla costante proporzionalità fra la coppia motrice e l'energia consumata. Per evitare quest'inconve-

Digitized by Google

niente bisogna limitare l'uso del contatore ai carichi non induttivi e compensare l'ineguale ripartizione del campo con la spirale amperometrica centrale. Viceversa però le oscillazioni ordinarie nella tensione e nella frequenza non hanno influenza praticamente sensibile sulle indicazioni.

Un terzo contatore di questa prima famiglia è lo Stanley (fig. 21) notevole soprattutti per la sospensione magnetica a spinta bilanciata.

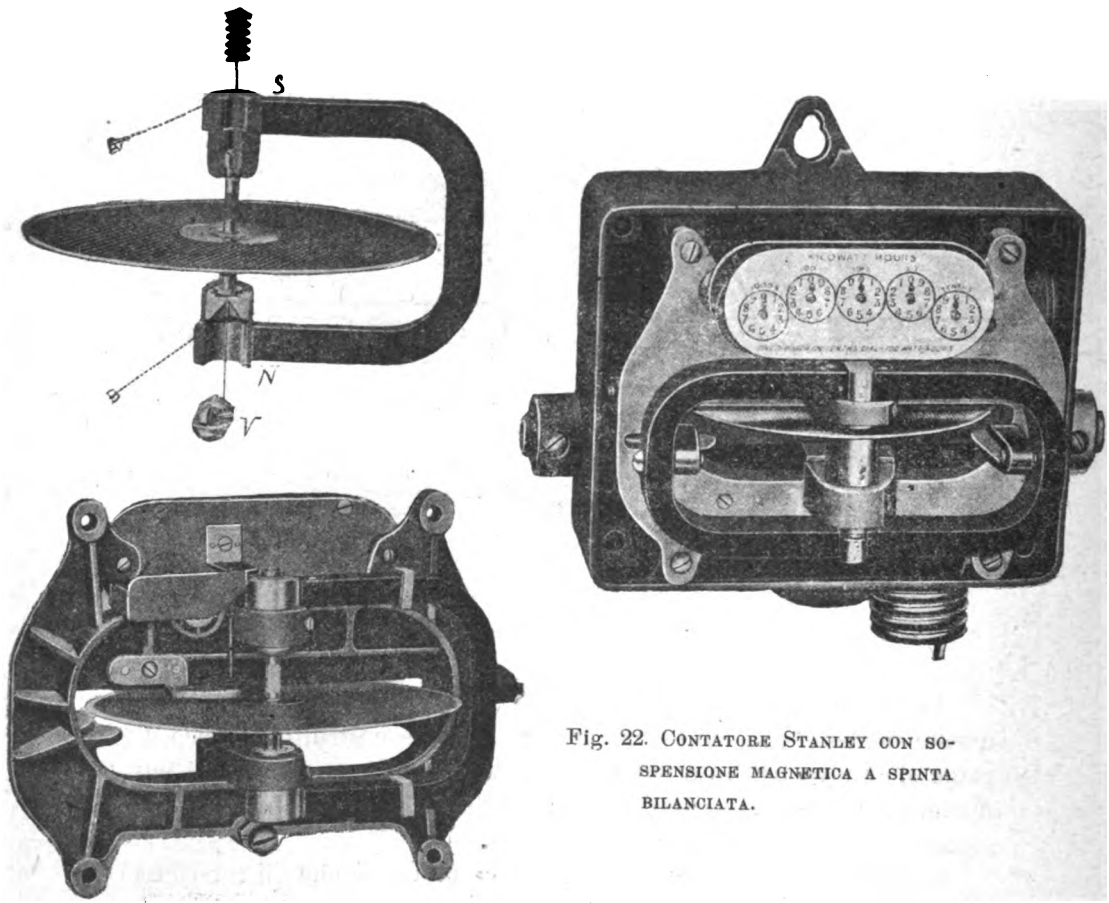


Fig. 22. CONTATORE STANLEY CON SOSPENSIONE MAGNETICA A SPINTA BILANCIATA.

Le spirali sono disposte tutte in posizioni simmetriche rispetto al disco. Con la sospensione magnetica lo Stanley riesce ad annullare pressochè gli attriti senza ricorrere ai soliti spedienti di mascherarli o di compensarli. L'albero in ferro del disco si trova fra le estremità polari N, S di un magnete (fig. 22), così disposte che le linee di flusso abbiano direzione mediamente verticale e per la disimmetria del circuito magnetico diano una risultante che equilibri

Digitized by Google

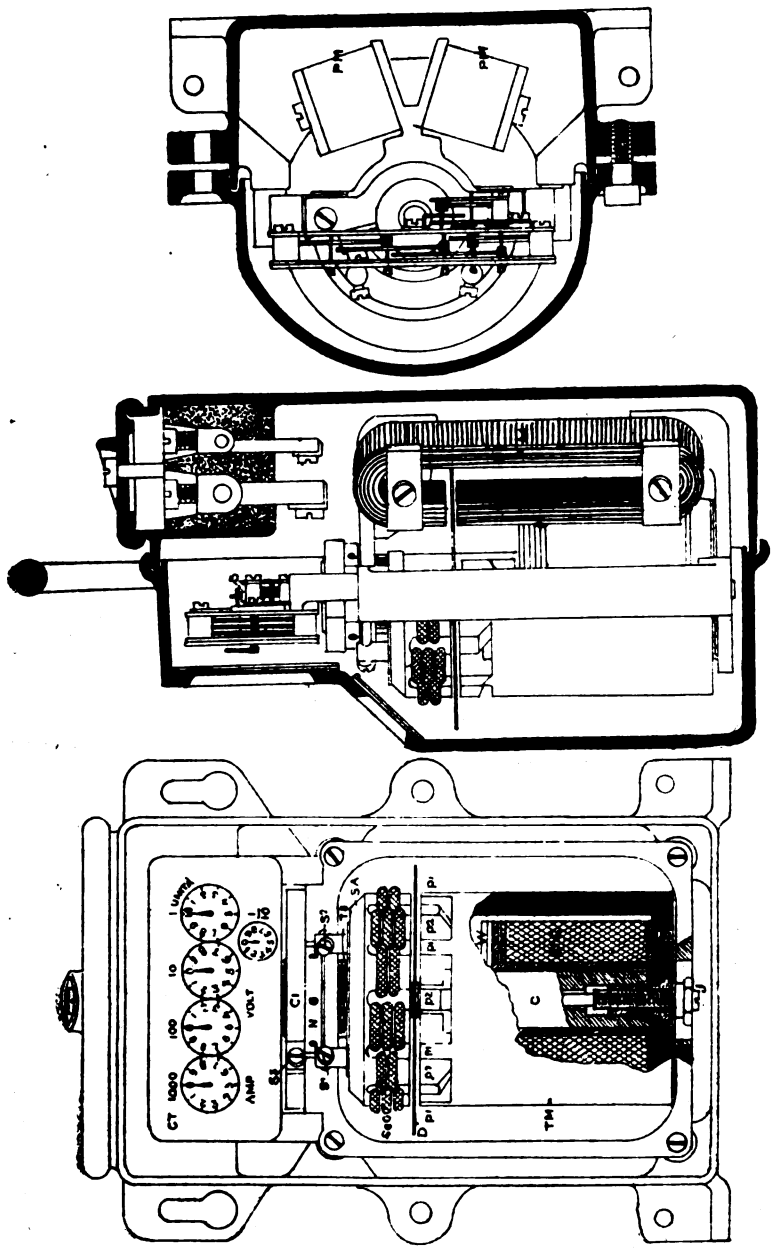


Fig. 23. Contatore Ferranti.

Digitized by Google

il peso della sospensione. L'albero è cavo e lungo il suo asse è teso un filo metallico per garantire la direzione dell'albero. I due pezzi polari *A* e *B* sono in acciaio: il diametro della base e della testa sono minori dei rispettivi alloggiamenti praticati nei pezzi polari: la lunghezza dell'albero è minore della distanza fra le superfici di fondo, talchè la sospensione trovasi perfettamente libera nell'aria e manca qualunque causa d'attrito. La disposizione simmetrica dei vari avvolgimenti per rispetto al disco ed altre particolarità costruttive sono poi in questo contatore opportunamente state adottate per eliminare in modo pressochè perfetto i difetti che intervengono come

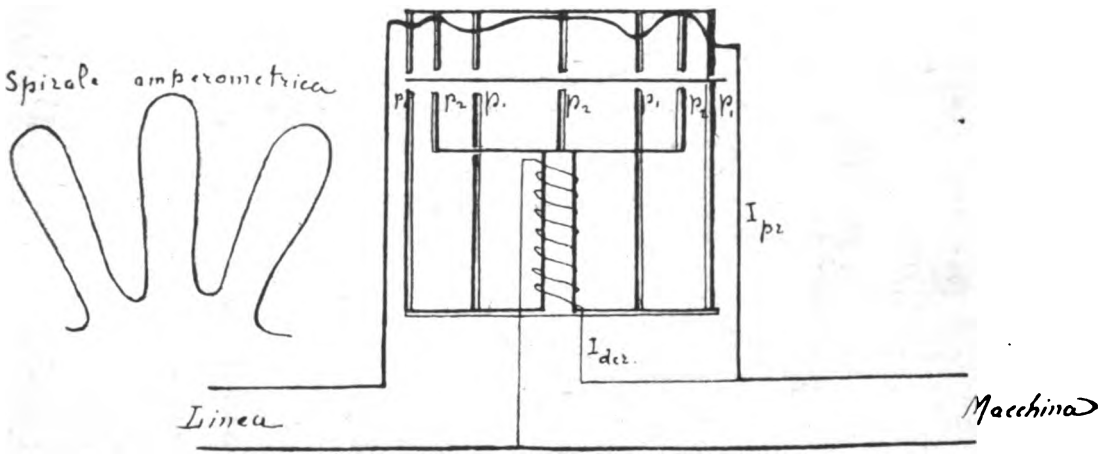


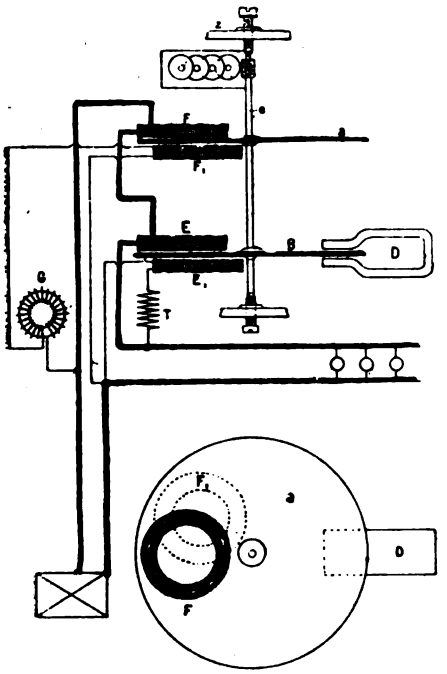
Fig. 24. Contatore Ferranti.

fenomeni secondari a turbare il buon funzionamento dei contatori ad induzione. È da notare per ultimo che per la rigidità del loro collegamento i magneti smorzatori non sono suscettibili di variare la loro orientazione per rispetto al disco nè comunque altrimenti modificarsi nella forma. L'interferro dev'esser regolato per la frequenza e per la tensione di servizio.

Il contatore Ferranti (fig. 23) ancor esso di questa famiglia è pregevole sopratutto per la sua semplicità e quindi per la conseguente sua robustezza epperò può usarsi in circuiti comunque induttivi.

Il disco *D* funziona ad un tempo da rotore e da freno sotto l'azione dei magneti smorzatori *PM*. Il nucleo centrale (fig. 24) *C* di un magnete inferiore corazzato porta la spirale I_{der}, mentre attorno alle sporgenze di un'armatura superiore è avvolta la spirale principale secondo il tipo ondulato.

Digitized by Google



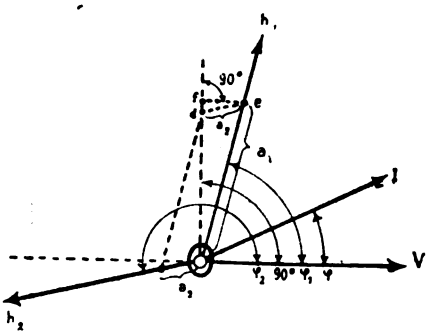
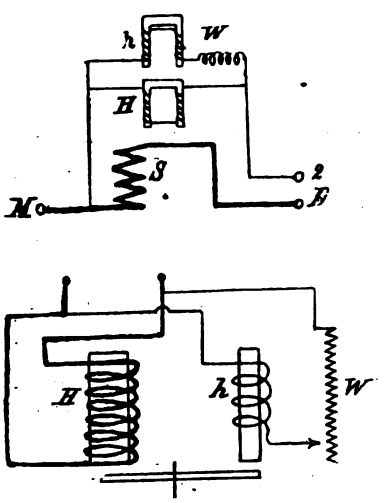


Fig. 25. Contatore Raab.



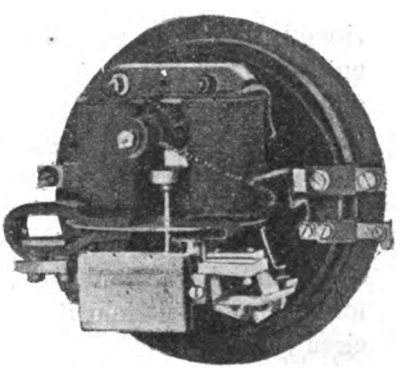


Fig. 26. Contatore Mod. *R*.

Digitized by Google

Se il circuito derivato è sufficientemente induttivo, le correnti parassite indotte nel disco dal campo derivato saranno in opposizione di fase colla corrente del circuito in serie: per tal modo le azioni elettrodinamiche fra questa e quelle generano la coppia che tende a muovere il disco. Tale coppia sarà proporzionale alla tensione, alla corrente principale ed al fattore di potenza, e in questo caso, attesa la grandissima selfinduzione che si può creare col magnete corazzato, tale proporzionalità si conserva anche se nel circuito di utilizzazione vi è una selfinduzione quale praticamente si

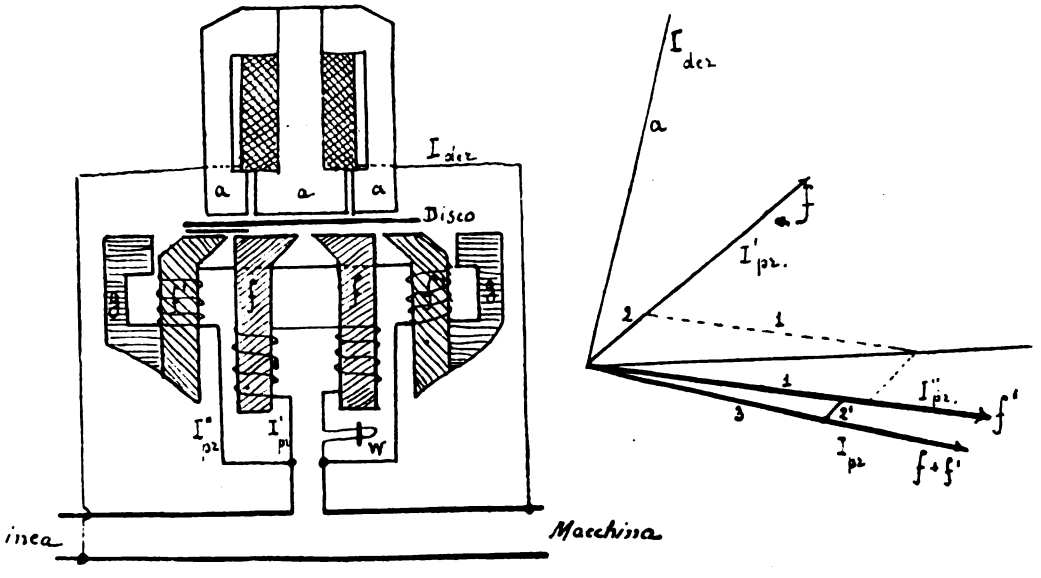


Fig. 27. Contatore Lux. Mod. *FEM.*

riscontra. Onde compensare eventuali dissimmetrie e per sopperire agli attriti è necessario avere qualche organo di aggiustaggio: basta all'uopo girare uno dei sistemi a nuclei polari relativamente all'altro in modo che diventi disimmetrica la distribuzione delle correnti indotte per la differente riluttanza del circuito magnetico. La costante del contatore si può regolare variando la posizione dell'armatura in serie: i rocchetti in serie diventano tanto più attivi quanto più si abbassano. La corrente derivata è minima, e quindi questo contatore turba pochissimo il regime delle correnti e gli sfasamenti del circuito.

Morsetti esterni furono studiati per facilitare le prove da eseguirsi con strumenti adatti di controllo.

Digitized by Google

Attesa la necessità continua di controllare i misuratori, quest'ultimo dispositivo è interessante come quello che semplifica le operazioni di attacco dei campioni per la verifica periodica dei contatori che suolsi eseguire su quadri e tavoli di misura appositi.

***

Alla seconda famiglia appartengono i tipi Raab della Casa Schuckert (fig. 25).

Sovratutto il tipo fondamentale Raab è molto chiaramente disposto per rendersi conto del come scomponendo la corrente derivata in

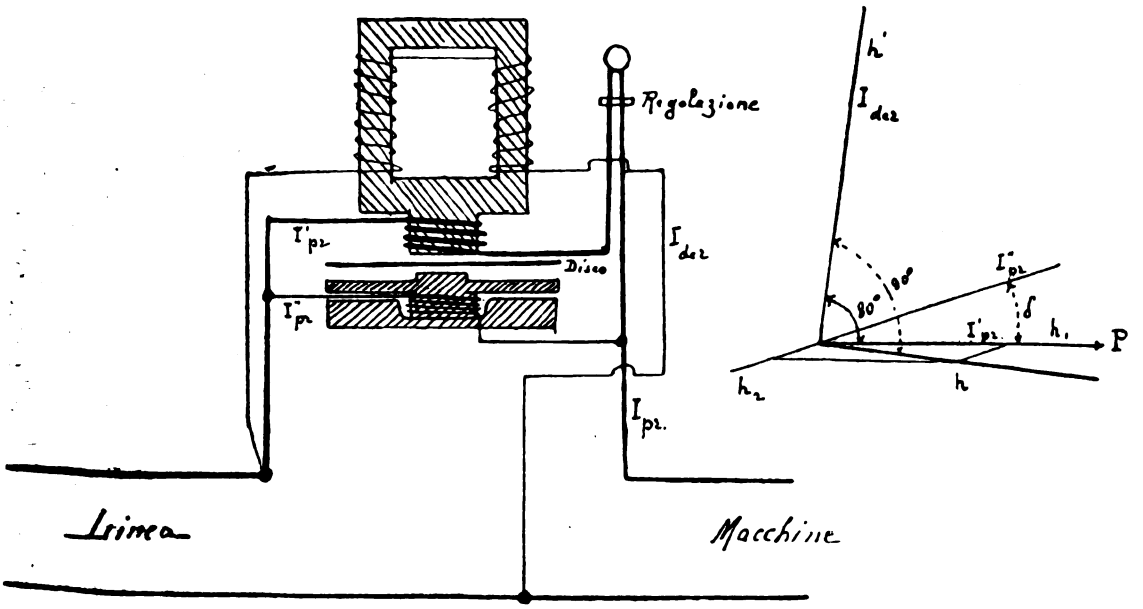


Fig. 28. Contatore A. C. T.

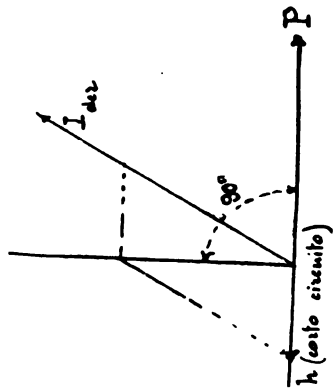
due bobine parziali F_1, E_1, di cui una ohmica e l'altra induttiva sia possibile in ogni caso provocare un campo risultante avente fase normale a quella di V.

Il modello R (fig. 26) costruito dalla Casa Schuckert è ancora un tipo Raab in tutto analogo al precedente, ma più semplice. Esso consiste di un solo disco metallico in cui si inducono le correnti avviatrici e quelle smorzatrici.

La bobina S è amperometrica; H ed h le due derivate voltometriche, di cui l'una fortemente induttiva e la seconda pressochè soltanto ohmica. La diminuzione degli attriti avviene per l'azione di

Digitized by Google

un piccolo pezzo di ferro dolce piegato ad *U*, disposto presso l'elettromagnete principale *H*: esso esercita una forza ausiliaria di trazione sul disco, che compensa in parte la forza di gravità e diminuisce l'attrito dell'asse mobile. La sensibilità del contatore *R* è grandissima ed il consumo d'energia estremamente esiguo.



***

Alla terza famiglia appartengono i contatori Lux ed A. C. T.

Nel primo (fig. 27) (modello F. E. M.) la corrente principale è divisa in due parti agenti per induzione in senso contrario e presentanti fra loro una certa differenza di fase a causa della riluttanza diversa dei circuiti magnetici concatenati colle spire; la prima esercita pressochè intero il suo effetto sul disco, la seconda lo esercita soltanto per una piccola parte. Perciò il campo che risulta per la intera corrente amperometrica e che ha la direzione 3 può

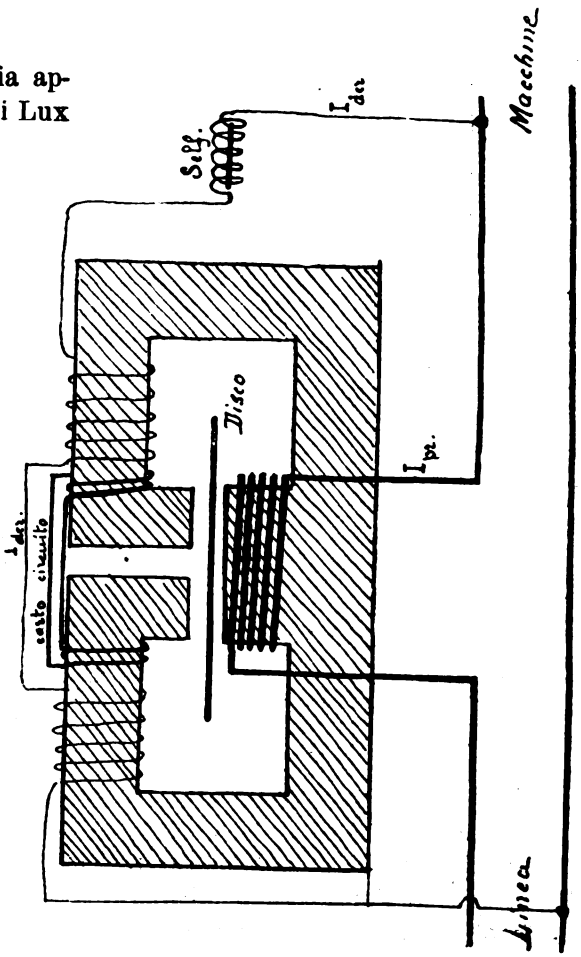


Fig. 29. Contatore Westinghouse.

Digitized by Google

acquistare una direzione normale a quella del campo dovuto alla corrente derivata *a*.

L'esatto sfasamento si ottiene spostando il corsoio mobile *W* con che si alterano le condizioni relative dei due circuiti principali. Per render sicuro l'avviamento del contatore anche ai minimi carichi

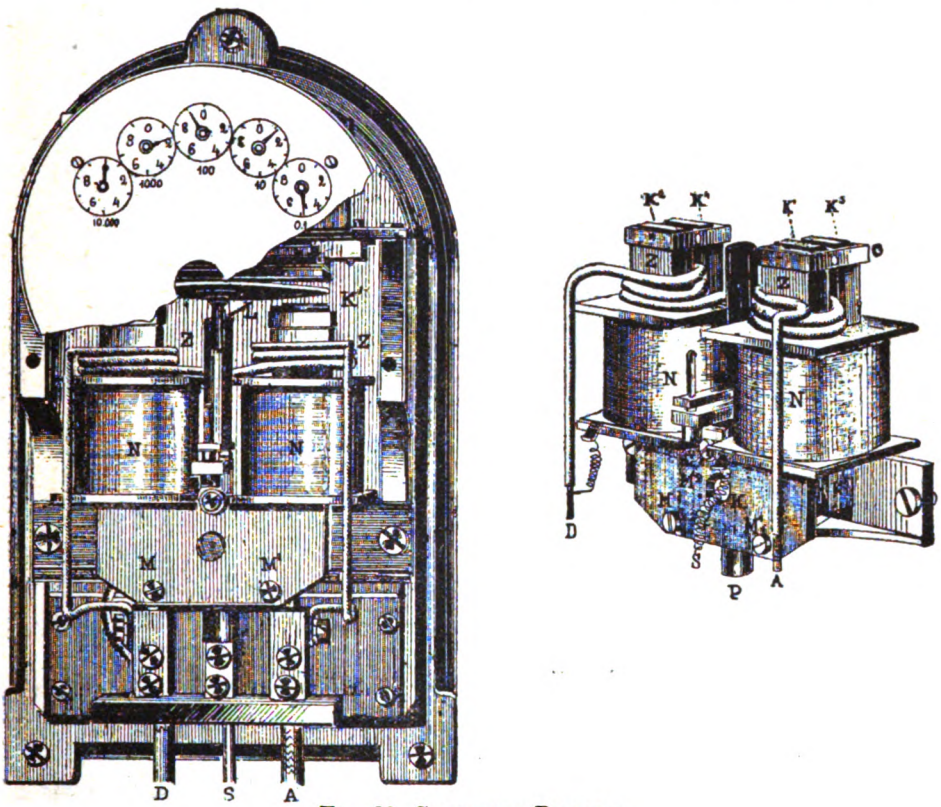


Fig. 30. CONTATORE BATAULT.

vi è a sinistra la piastrina mobile in alluminio che funziona come schermo parziale per le correnti parassite in esso indotte.

Dello stesso tipo è il contatore A. C. T. (fig. 28) in cui un campo è proporzionale alla tensione *P* della linea ed è percorso da I_{der} sfasata per la grande selfinduzione di circa 80°. L'altro campo è il risultante di due avvolgimenti in opposizione presentanti delle impendenze molto diverse fra loro e posti l'uno superiormente e l'altro inferiormente al disco. L'avvolgimento meno induttivo è superiore. Il movimento del disco consegue dalle attrazioni e repulsioni della corrente principale sulle correnti di Foucault indotte nel disco dalla

Digitized by Google

corrente derivata nonchè dalle attrazioni e repulsioni della corrente derivata sulle correnti di Foucault indotte nel disco dalla corrente principale.

Anche qui vi è un corsoio di regolazione: due viti di ferro funzionano da shunt magnetico sul magnete smorzatore e per assicurare il moto anche pei minimi carichi vi è a destra una placca metallica con risvolto piegato nel senso della rotazione del disco.

*
* *

Oltre a queste tre famiglie ve n'ha una quarta derivata dalla prima. Nei contatori di questa specie, nei quali sopratutto la pre-

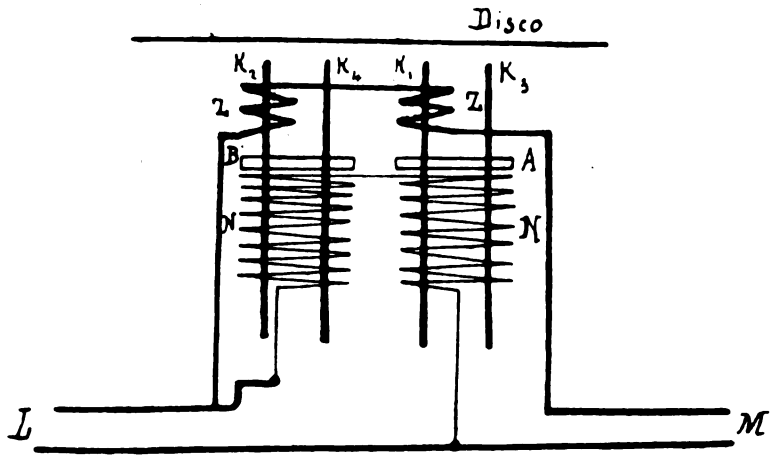


Fig. 31. Contatore Batault.

senza di sole due spirali è pregio non trascurabile di semplicità, è aggiunta una o più spirale in corto circuito su uno o su più elettrocalamite del sistema; con tale artificio anche i contatori appartenenti alla prima famiglia divengono suscettibili di dare indicazioni esatte in circuiti comunque induttivi.

Esaminiamo il tipo (fig. 29) Westinghouse.

Essenzialmente ha due spirali: la superiore derivata e contenente una forte selfinduzione, l'inferiore amperometrica. Le linee di forza di ciascun avvolgimento della bobina derivata passano per una parte nel nucleo dell'altra attraverso l'interferro verticale: per altra parte un certo numero degli stessi fasci di linee di forza passa attraverso l'interferro orizzontale ed alla bobina in serie.

Ne consegue una neutralizzazione completa del flusso risultante attraverso alla spirale in serie da parte di quella derivata e attra-

Digitized by Google

verso a quest'ultima non si avrà per parte della prima alcuna f. e. m. d'induzione. La corrente della spirale derivata è circa a 90° rispetto al potenziale epperò per far sì che il contatore dia indicazioni esatte per qualunque carico si fa ricorso ad un ingegnoso sistema di compensazione che puossi considerare come un trasformatore statico. Vi è cioè un avvolgimento secondario di corto circuito in cui si genera

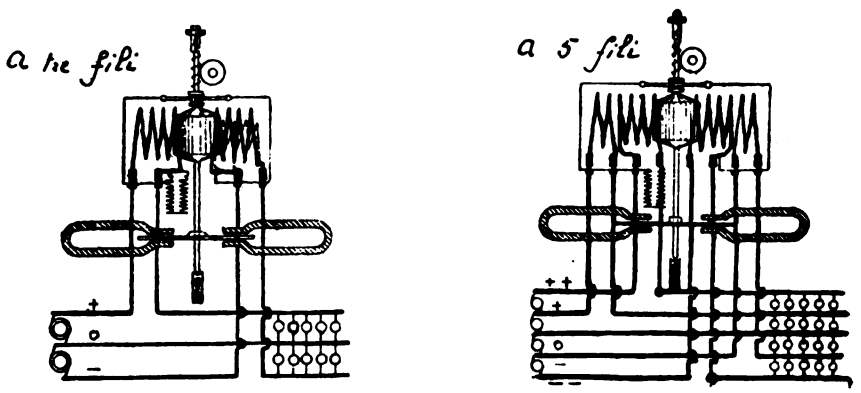


Fig. 32. Contatore Thomson.

una corrente secondaria in fase colla tensione dell'avvolgimento di corto circuito eventualmente e notoriamente in opposizione di fase colla tensione principale purchè sieno opportunamente proporzionati gli elementi elettrici del corto circuito stesso. Con tale artificio il contatore Westinghouse appartenente alla prima famiglia si comporta per l'aggiunta del corto circuito analogamente a quelli della seconda, cioè come un tipo Raab.

Per ultimo il contatore Batault (fig. 30) può ancora ritenersi in essenza del primo tipo con due sole spirali: in esso pertanto l'azione delle correnti indotte nei due corti circuiti superiori compie l'ufficio di compensazione accennato. Anzi in questo caso, prescindendo da un esame teorico certo molto complesso, puossi affermare che l'azione compensatrice è doppia e cioè in massima parte, per la posizione relativa (fig. 31) dei vari sistemi, si può ritenere che l'azione del corto circuito produce una compensazione analoga a quella che si avrebbe se si scomponesse la corrente principale in due componenti, mentre per altra parte l'azione dei corti circuiti abbraccianti ognuno i due magneti lamellari si fa sentire pure come se la corrente derivata fosse scomposta in due componenti.

Il contatore Batault quindi mentre appartiene alla prima famiglia ed ha quindi i pregi della semplicità e della robustezza proprii di

Digitized by Google

quei tipi, viceversa ha un funzionamento che risente dei caratteri di tutti gli altri contatori ad induzione della seconda e della terza specie.

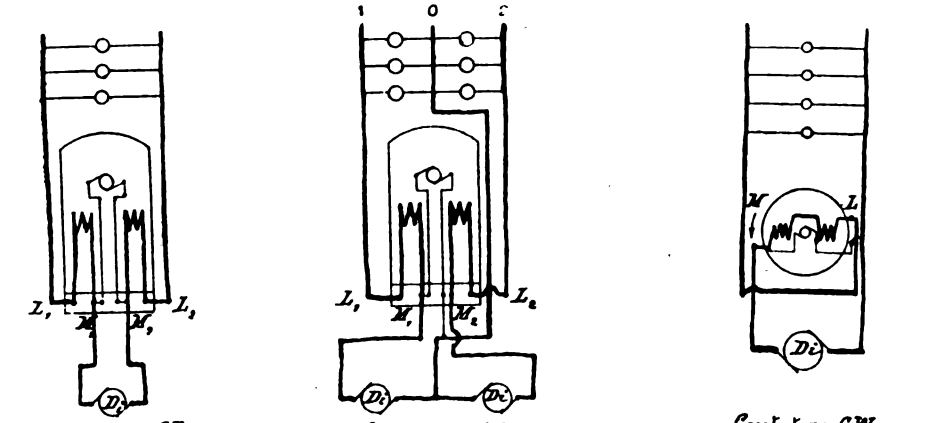


Fig. 33.

La regolazione del contatore si eseguisce spostando i nuclei anteriori e quindi allontanandoli od avvicinandoli al disco di alluminio.

*
* *

Tutti i contatori finora descritti e speciali per misure di energia in circuiti a corrente continua oppure in circuiti a corrente alter-

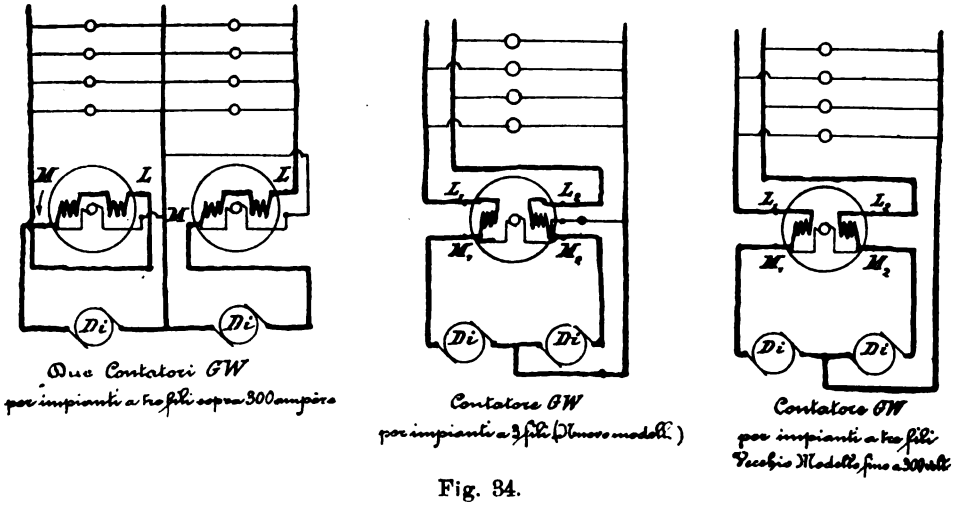


Fig. 34.

Digitized by Google

nata, oppure anche promiscuamente utibili nell'uno o nell'altro caso sono da intendersi costituiti essenzialmente per distribuzioni a

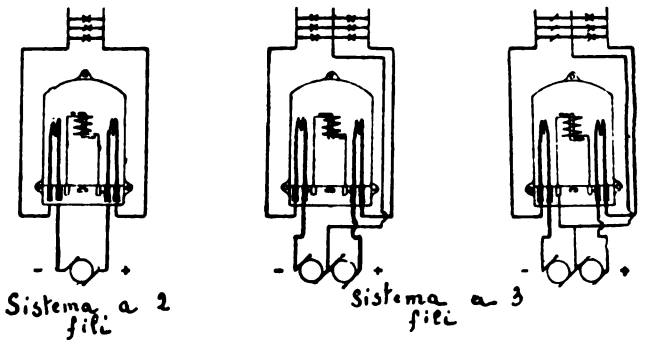


Fig. 35.

due fili e cioè precisamente nel caso di corrente continua in circuiti a due fili ed in caso di corrente alternata in circuiti monofasici o comunque in circuiti di corrente alternata semplice.

A due conduttori. A tre conduttori.

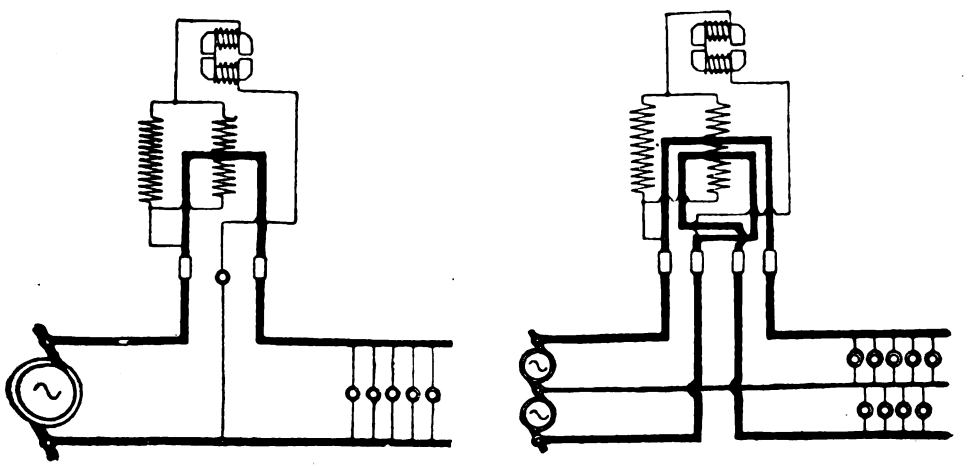
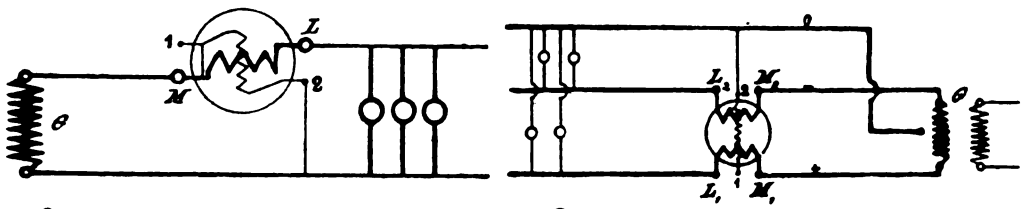


Fig. 36. CONTATORE A. E. G. A CAMPO FERRARIS.

Per le misure in sistemi di distribuzione a fili multipli si possono impiegare o altrettanti contatori distinti quanti sono i circuiti di utilizzazione, oppure e più economicamente si adotta ancora un solo contatore nel quale pertanto le connessioni sono leggermente più complicate.

Digitized by Google

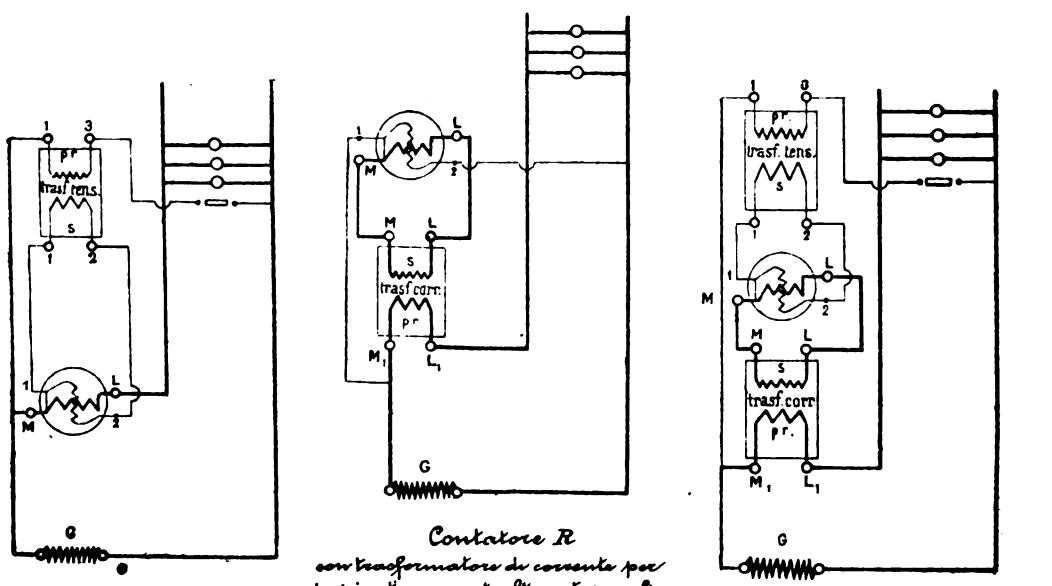
In figura sono chiaramente indicati i dispositivi delle connessioni per un unico contatore Thomson (fig. 32) per distribuzione a tre fili e per distribuzione a cinque fili rispettivamente.



Contatore R per impianti monofasi a 2 fili (G = macchina generatrice)

Contatore R per impianti a corrente alternata a tre fili

Fig. 37.



Contatore R con trasformatore di tensione per impianti a corrente alternata semplice.

Contatore R con trasformatore di corrente per impianti a corrente alternata semplice.

Contatore R con trasformatore di tensione e trasformatore di corrente per impianti a corrente alternata semplice.

Fig. 38.

In modo analogo si eseguiscono le connessioni per l'inserzione di un contatore Schuckert (fig. 33) mod. *GB* in impianti a due o tre fili ed è interessante paragonare le inserzioni in un sistema a tre fili quando si impieghino due contatori Schuckert modello *GW* (fig. 34) oppure uno solo.

Digitized by Google

Analogamente pure si eseguiscono le connessioni (fig. 35) del contatore Siemens ad alette.

Anche i contatori del tipo Ferraris possono venir adoperati per circuiti a fili multipli e così in figura sono rappresentate le connessioni per un contatore dell'A. E. G. (figura 36) del primo tipo

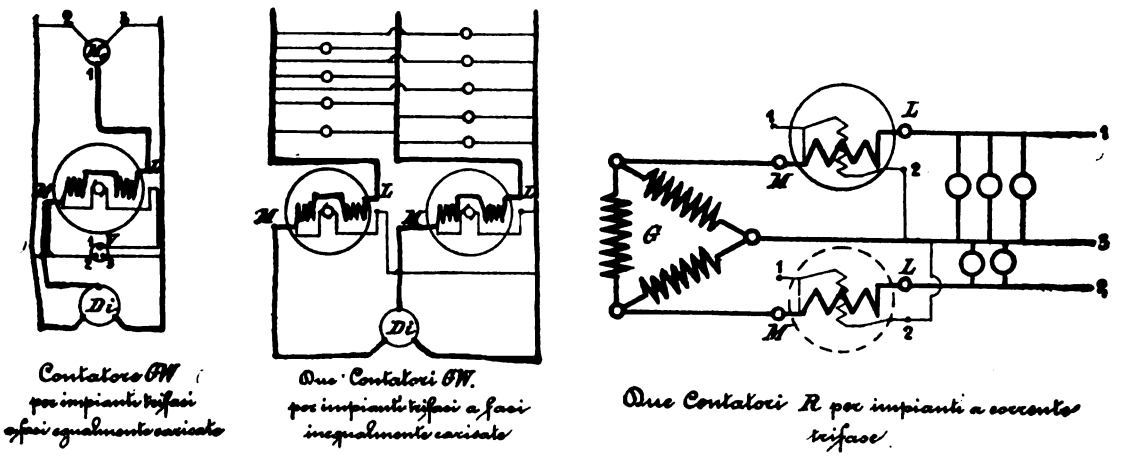


Fig. 39.

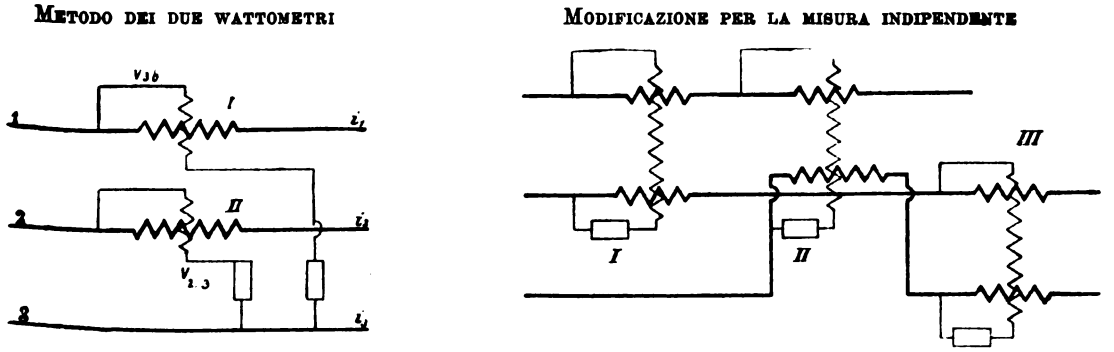


Fig. 40.

e quelle per un contatore Schuckert mod. *R* (fig. 37) del secondo tipo rispettivamente nei due casi più comuni.

Gli stessi contatori possono poi venir impiegati in circuiti d'alta tensione o di grandissima corrente ricorrendo all'impiego simultaneo (fig. 38) di opportuni trasformatori di misura giusta gli schemi di figura.

Digitized by Google

***

Per misure di energia in impianti a corrente trifase è notorio che il metodo più generale è quello di ricorrere all'impiego di due wattometri opportunamente inseriti in due fili di linea e derivati

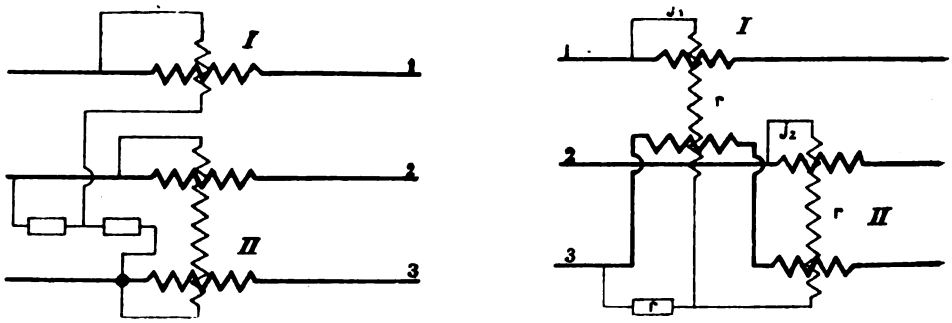


Fig. 41. MODIFICAZIONI PER LA MISURA INDIPENDENTE DEL CONSUMO IN OGNI FASE.

rispettivamente fra ognun d'essi ed il terzo filo in cui non vi è wattometro.

In linea generale quindi si ritenga che per l'esatta valutazione dell'energia in tali sistemi devesi forzatamente far ricorso a due

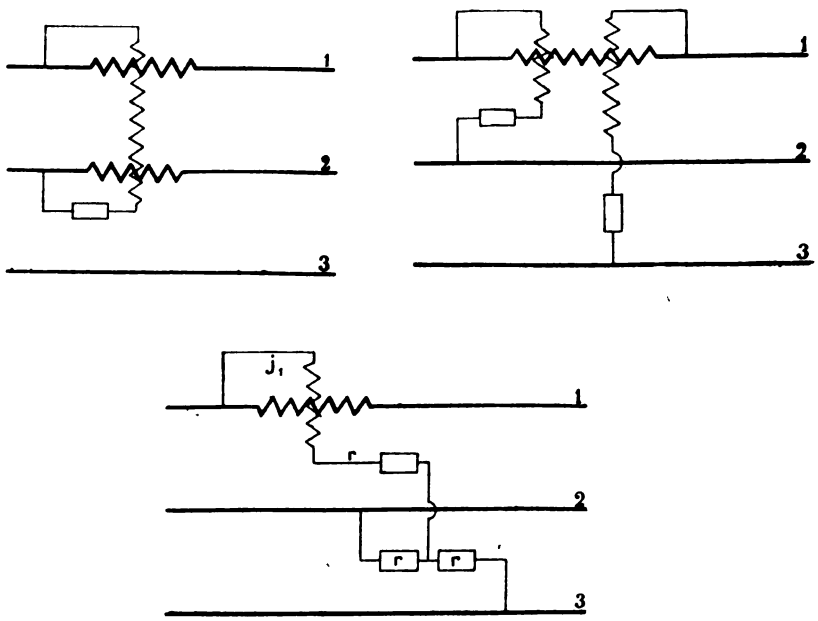


Fig. 42. MODIFICAZIONI NEL CASO DI CARICHI SIMMETRICI.

Digitized by Google

contatori semplici, oppure ad un solo, ma costituito in doppio, a meno di ricorrere a tipi speciali che conseguono da espressioni analitiche particolari esprimenti l'energia in tali sistemi di distribuzione. L'impiego di un solo wattometro e quindi di un solo contatore semplice non è quindi esatto; chè, se pure per la simmetria dei carichi,

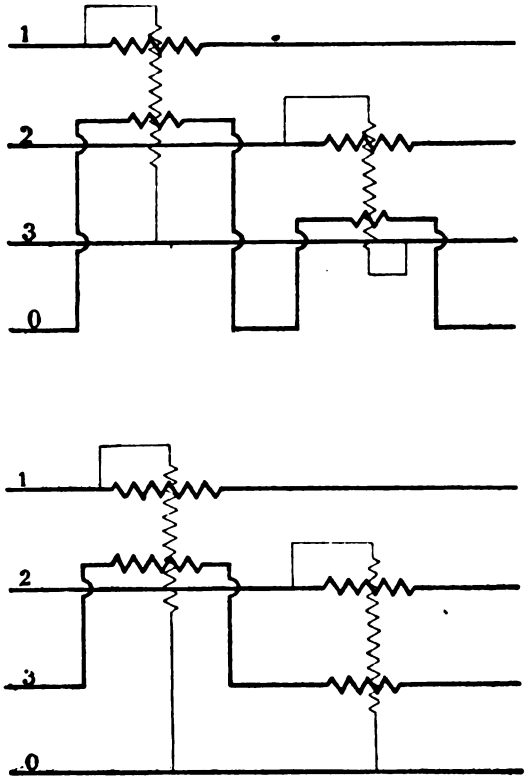


Fig. 43. Contatori Aron.

le differenze di fase risultano eguali nei tre fili, per la misura esatta dell'energia occorre un contatore speciale.

Per molto tempo abusivamente impiegavasi un solo contatore semplice per corrente alternata monofase inserendolo in uno dei circuiti di utilizzazione e triplicavasi poi l'indicazione da esso data. Se in caso di perfetta simmetria dei carichi la misura poteva ritenersi esatta, evidentemente ciò non era più allorchè i carichi stessi in misura anche minima si squilibravano.

In figura sono chiaramente indicate lo connessioni per l'inserzione di un unico contatore *GW* (fig. 39) semplice in un circuito

Digitized by Google

trifase a fasi egualmente caricate nonchè le connessioni per l'impiego di due contatori GW oppure R in sistemi comunque squilibrati.

Riferendoci innanzi tutto ai contatori derivati dal wattometro elettrodinamometrico, mentre la disposizione classica dei due wattometri (fig. 40) è realizzata nella figura di sinistra, in quella di destra

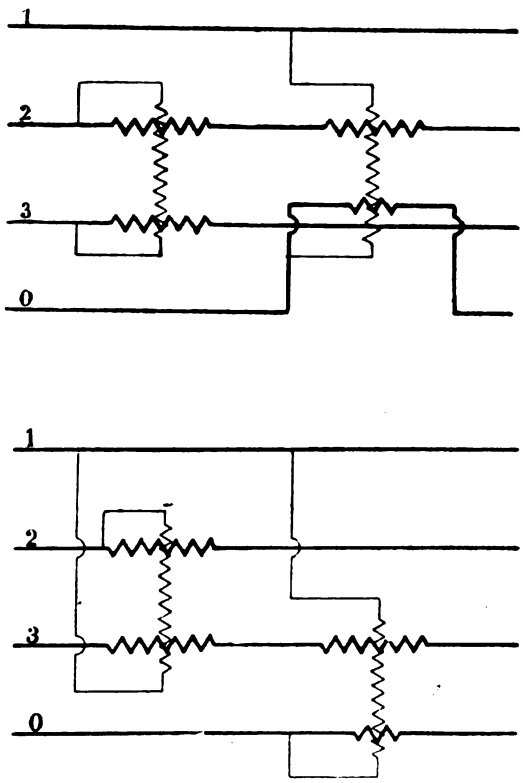


Fig. 44. Contatori Stern.

è rappresentata una modificazione atta a dare misure del consumo nelle tre fasi in modo indipendente.

Allo stesso scopo tendono le modificazioni segnate (fig. 41), mentre le altre (fig. 42) notevolmente più semplici si adattano al caso in cui i carichi sieno perfettamente simmetrici e quindi le differenze di fase nei tre fili risultino eguali.

Queste ultime finalmente realizzano speciali modificazioni possibili in circuiti (fig. 43) trifasi con filo neutro con carichi comunque squilibrati. Le due prime sono suggerite dall'Aron e le altre due dallo Stern (fig. 44).

Digitized by Google

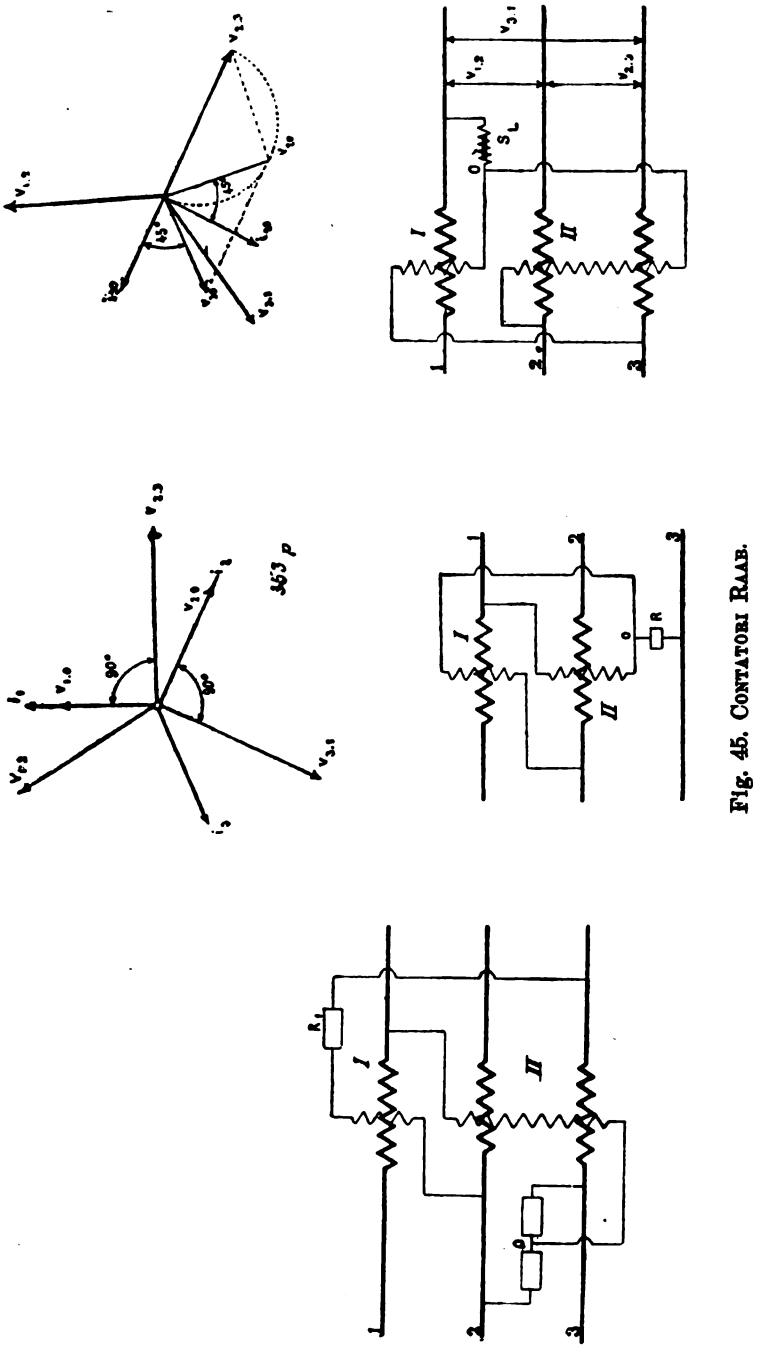


Fig. 45. Contatori Raab.

Digitized by Google

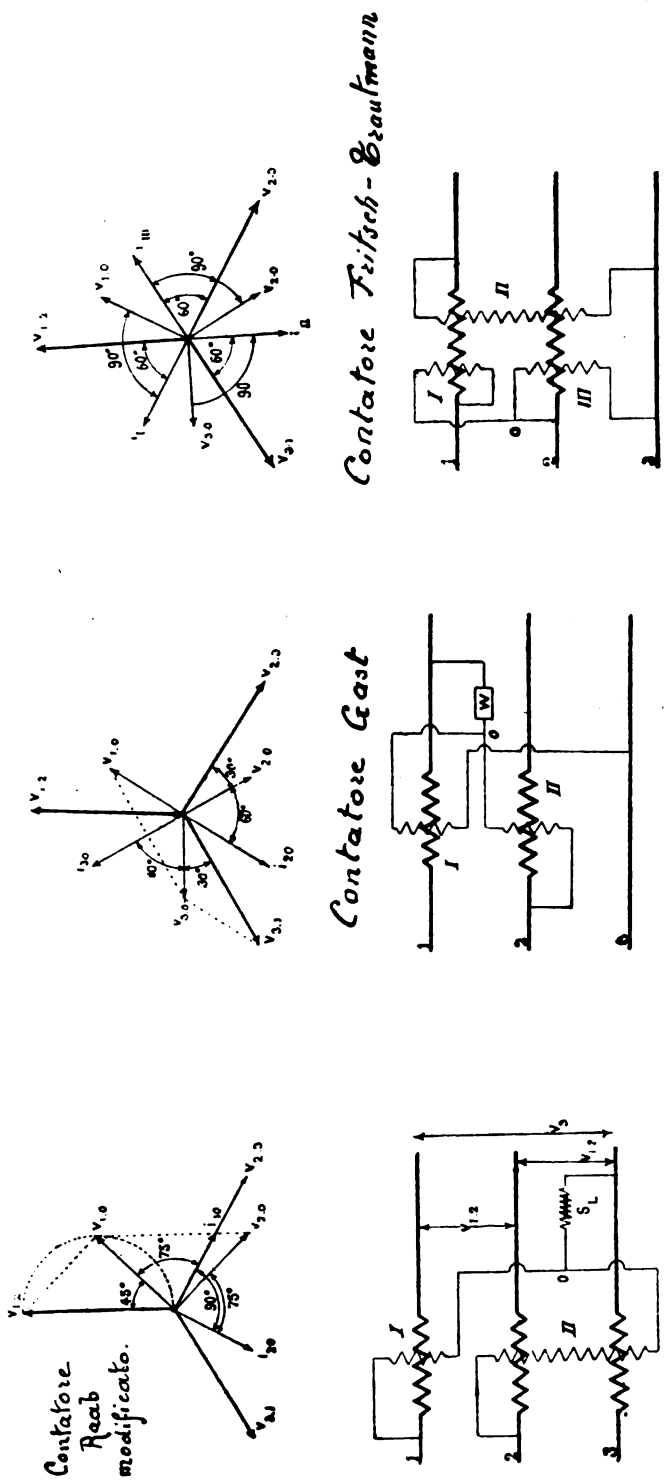


Fig. 46.

Digitized by Google

***

Come fu già accennato, per la misura in circuiti trifasi sono stati modernamente costruiti molti altri contatori speciali ingegnosis-

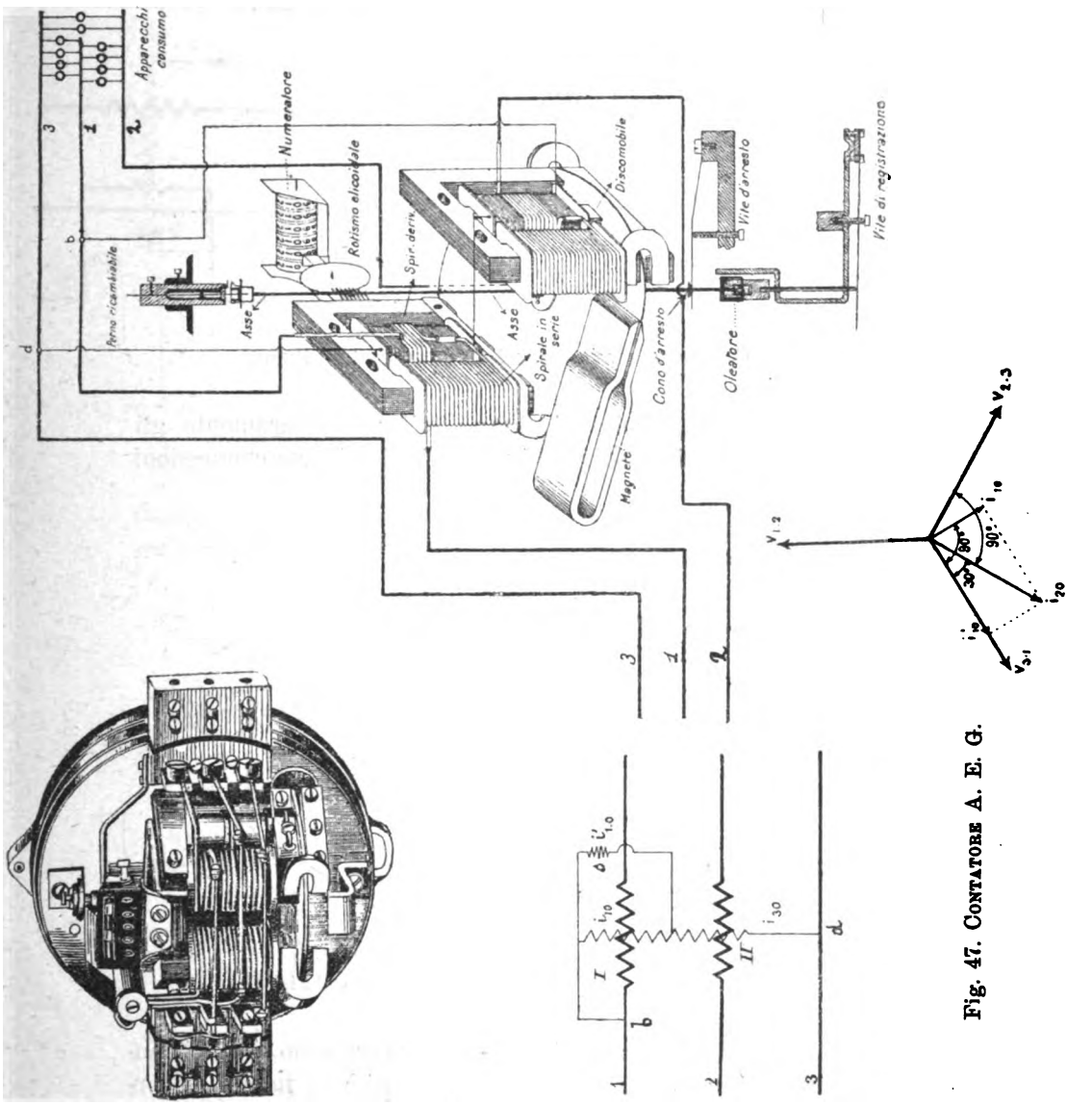


Fig. 47. Contatore A. E. G.

simi nei quali provocando degli sfasamenti artificiali si generano dei fenomeni d'induzione pei quali è possibile eseguire la misura con disposizioni che pur conseguendo ancora dal metodo generale

Digitized by Google

dei due wattometri hanno però apparentemente delle forme molto diverse e presentano eventualmente dei vantaggi riducendo il numero e quindi gli spazi dei vari avvolgimenti.

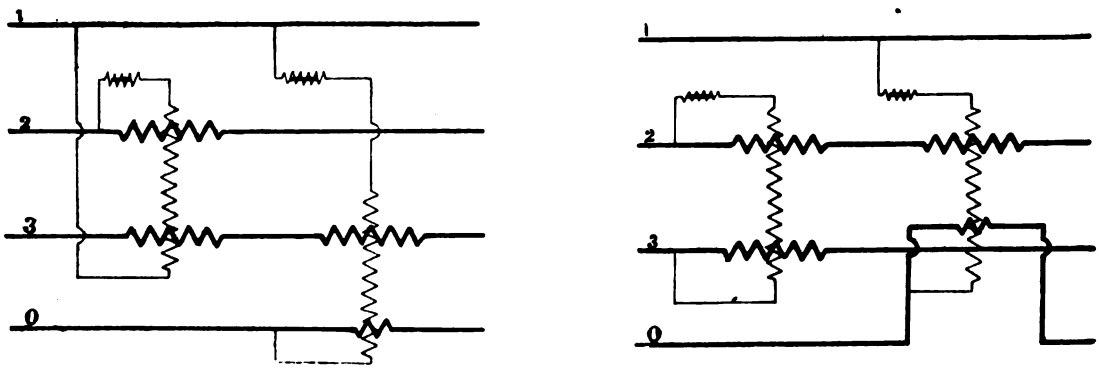


Fig. 48. Contatori della Società Elettrotecnica Union.

I diagrammi e gli schemi di figura indicano chiaramente gli artifizi cui han fatto ricorso i vari inventori e le diverse connessioni atte a realizzarli.

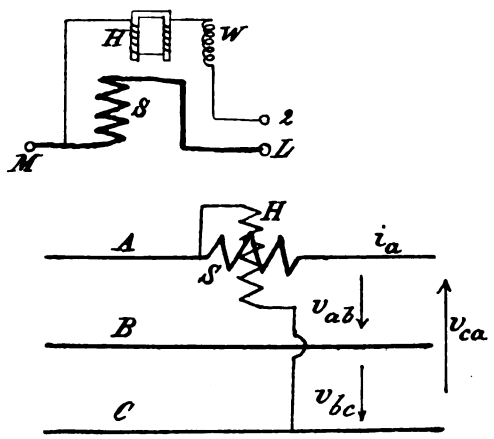


Fig. 94. Contatore F. G.

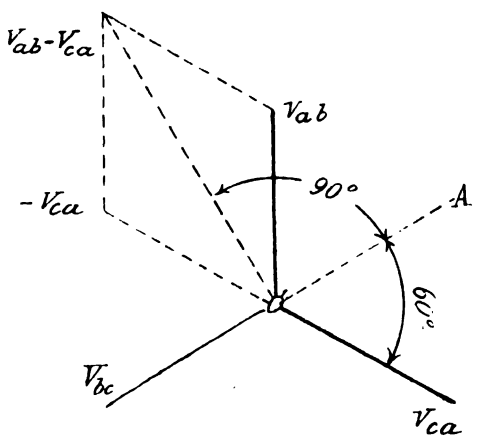


Fig. 50.

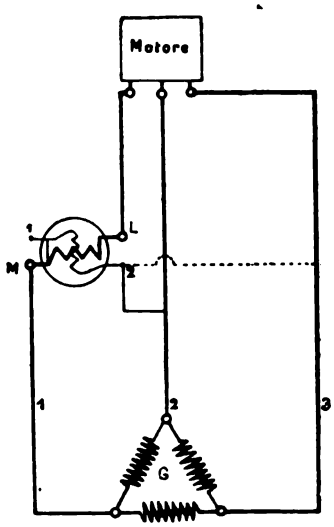
I tipi Raab (fig. 45), Gast, Fritsch-Trautmann sono coi tipi modificati Raab (fig. 46) i più notevoli ed in tutti è da notare la formazione artificiale di un punto *O* di zero o neutro.

La Casa A. E. G. costruisce pure uno (fig. 47) di tali contatori nel quale si realizza l'eguaglianza classica dei due wattometri

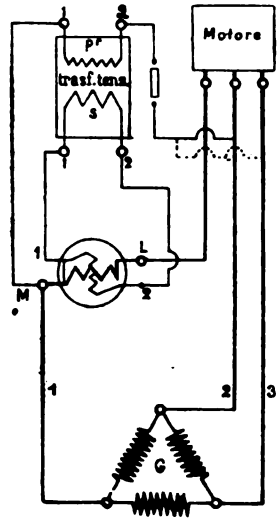
$$w = i_1 v_{1\cdot 3} + i_2 v_{2\cdot 3}.$$

Digitized by Google

Pel funzionamento delle spirali voltometriche si impiega soltanto una derivazione fatta fra i fili 1 e 3, si usufruisce cioè soltanto della

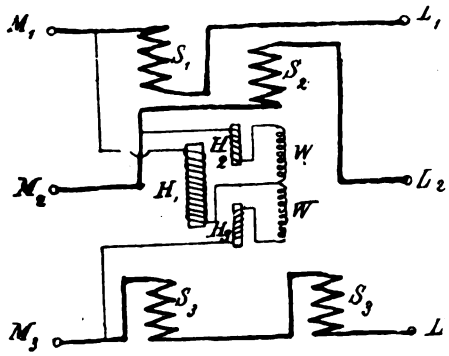


Contatore FG per impianti trifasi a fasi egualmente caricate.



Contatore FG per impianti trifasi a fasi egualmente caricate con trasformatore di tensione.

Fig. 51.



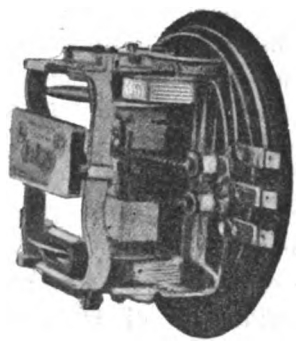


Fig. 52. CONTATORE F. U.

tensione $v_{1\cdot 3}$. La corrente $i_{3\cdot 0}$ nella spirale voltometrica *II* viene spostata di 30° rispetto a $v_{1\cdot 3}$ e giace a 90° rispetto a $v_{2\cdot 3}$. Nella spirale voltometrica *I* la corrente $i_{1\cdot 0}$ trovasi spostata di 90° rispetto a $v_{1\cdot 3}$ per l'azione della spirale derivata *s* priva di selfinduzione.

Digitized by Google

In figura è rappresentato schematicamente questo contatore il quale ha sugli analoghi il grande vantaggio di avere una sola derivazione e quindi nell'interno del contatore una sola tensione agente per la quale è più facile, più semplice e più sicuro provvedere ad un razionale coordinamento delle varie parti senza tema di vicinanze di fili percorsi da diverse correnti e quindi eventualmente a grandi differenze di potenziale.

Nei contatori ad induzione della Società Elettrotecnica Union (fig. 48) per circuiti trifasi con filo neutro sono adottate le disposizioni già accennate dello Stern cui è aggiunta la bobina di regolazione speciale.

Il contatore F. G. ad induzione costruito dalla Casa Schuckert (figura 49) e del tutto analogo al modello *R*, serve essenzialmente per misurare il consumo dei motori trifasi ed in generale puossi considerare come tipico in sistemi a fasi equilibrate. La corrente i_a percorre S: quella derivata fra A e C percorre la bobina induttiva H e la resistenza ohmica W: si regolano le cose così che il campo magnetico conseguente dalla corrente derivata sia ritardato di 60° rispetto alla tensione v_{ca} fra C ed A. Si dimostra che essendo le fasi uniformemente caricate, il momento di rotazione del contatore è in questo caso proporzionale all'energia elettrica complessiva nel sistema trifase.

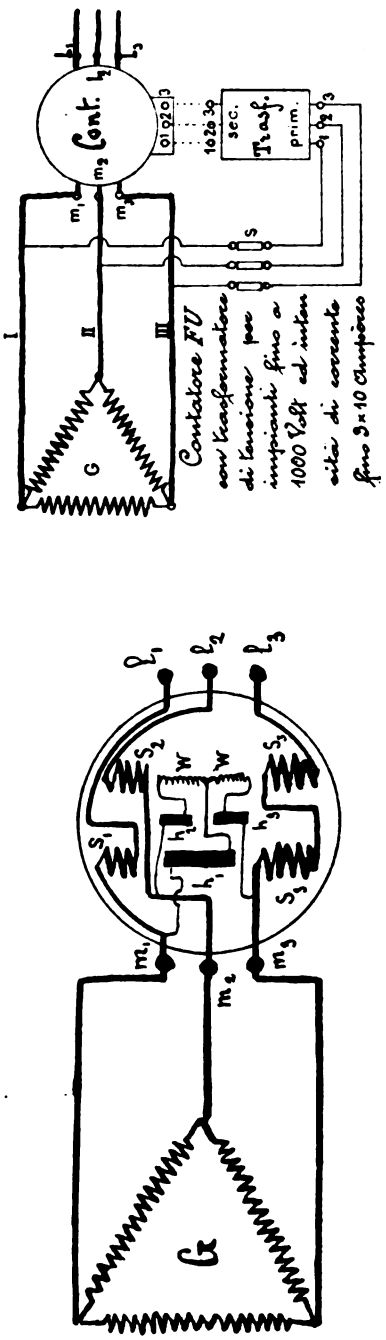


Fig. 53. Inserzione del contatore F. U.

Digitized by Google

L'espressione analitica (fig. 50)

$$W = \frac{1}{T}\int_0^T i_a\,(v_{ab} - v_{ca})\,dt$$

cui si giunge, impone che volendo misurare il valore medio assunto in un periodo dal prodotto

$$i_a\,(v_{ab} - v_{ca})$$

occorre che una bobina percorsa dalla corrente i_a agisca contemporaneamente ad un campo magnetico spostato di 90° rispetto a

$$v_{ab} - v_{ca}$$

ed abbia quindi la posizione OA spostata di 60° rispetto alla tensione v_{ca}.

In figura sono indicate le modalità di inserzione del contatore F. G. (fig. 51).

Per impianti trifasi a fasi inegualmente caricate la Casa Schuckert costruisce ancora uno speciale contatore F. U. (fig. 52) ad induzione che possiede un'unica parte rotante costituita da due dischi di alluminio nei quali vengono indotte le correnti producenti il moto. I tre elettromagneti H sono collegati a stella ed eccitati in derivazione dalle stesse tensioni delle tre fasi del sistema. Questo contatore ha il pregio speciale di indicare il consumo (fig. 53) nelle tre fasi in modo indipendente.

***

Sono quelli da me descritti i contatori moderni più in uso: per quanto sono venuto dicendo si capisce come sovratutto pei tipi ad induzione sia da prevedersi una esuberanza di modelli più o meno dissimili dai precedenti. Io ho fatto della parte riguardante i contatori uno dei capitoli più importanti del mio corso di misure: a quello rimando per maggiori dilucidazioni teoriche epperò un'esposizione sintetica dei vari tipi mi lusingo abbia soddisfatto la vostra benevole aspettazione ponendo in rilievo come e quanto l'umana ingegnosa attività abbia saputo escogitare per rendere economici e perfetti i misuratori del consumo di quest'energia elettrica diventata indispensabile e reputata con ragione il farmaco universale di tutti i nostri mali.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vol. VIII. SETTEMBRE-OTTOBRE 1904 Fasc. 5°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - 397, Corso Umberto I - ROMA

INDICE

COMUNICAZIONI.

N. 28. **Un metodo di misura della caduta di tensione nei trasformatori** — Ing. Dott. P. Barreca (Roma). (*Con 6 figure*) . . . . . *Pag.* 421
„ **29.** **Verbale dell'Assemblea generale** (VIII Riunione Annuale) Bologna-Padova-Venezia 429
„ **30.** **Determinazione dell'energia elettrica tassabile in base alla legge 8 agosto 1898 e relativo Regolamento** — Ing. Mario Bonghi (Bologna) 460
„ **31.** **Ricerche ed esperienze sui trasformatori di misura** — Ing. D. Nobili (Bologna). (*Con 10 figure*) 469
„ **32.** **Contatore Cosinus BL e IR** — Ing. Mattia De Seras (Bologna). (*Con 4 figure e 2 tavole*). 507
„ **33.** **Osservazioni su speciali scariche elettriche fornite da una macchina Holtz** — Dott. L. Amaduzzi (Bologna). (*Con 13 figure*) 520
„ **34.** **Linee moderne per trasmissioni elettriche d'energia** — Ing. G. Semenza (Bologna). (*Con 8 figure*) 529
„ **35.** **L'impianto idroelettrico del Cellina** — I. **Parte idraulica,** ing. A. Zenari; II. **Parte elettrica,** ing. A. Pitter (*Con 12 figure e 2 tavole*) 550

CONFERENZE.

„ **36.** **Sui risultati delle turbine a vapore Parsons nelle centrali elettriche e sui differenti sistemi di condensazione** — Ing. E. Vannotti (Milano). (*Con 37 figure*) . 577

NOTIZIE DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA.

SEDE CENTRALE:

A) **Deliberazioni prese nella Seduta del Consiglio generale tenuta in Bologna il 21 ottobre** 51
B) **Commissione per lo studio delle unità e misuratori elettrici** 54
Aggiunte all'elenco dei soci 56

AVVERTENZA. ***I Soci che non avessero ricevuto il fascicolo precedente sono pregati di farne richiesta entro 15 giorni, in caso diverso non potranno ottenerlo che pagandone l'importo di L. 2.***

PROPRIETÀ LETTERARIA

ROMA
TIPOGRAFIA DELL'UNIONE COOPERATIVA EDITRICE
Via Federico Cesi, 45
1904

Digitized by Google

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - Corso Umberto I, 397 - ROMA

CONSIGLIO GENERALE.

Presidente: Prof. dott. Moisè Ascoli.

Vicepresidenti: Prof. ing. Luigi Lombardi - Prof. dott. Guido Grassi - Prof. ing. Luigi Zunini.

Segretario Generale: Ing. Riccardo Salvadori.

Cassiere: Ing. comm. Oreste Lattes.

Consiglieri rappresentanti le Sezioni di: **Bologna:** Ing. Enrico Cairo - Ing. Alfredo Donati; **Firenze:** Ing. Ernesto Corsini - Ing. Attilio Rampoldi; **Genova:** Ing. Giuseppe Cristoforis - Ing. Carlo Piaggio; **Milano:** Ing. Luigi Cauro - Ing. Domenico Civita - Ing. Emilio De Strens - Ing. Giuseppe Gadda - Ing. Alessandro Panzarasa - Ing. Alessandro Scotti; **Napoli:** Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero) - Ing. Guido Sarti; **Padova:** Prof. Ferdinando Lori - Ing. Gastone Treves de' Bonfili; **Palermo:** Prof. Damiano Macaluso; **Roma:** Ing. Emilio Costa - Ing. Federico Gentili - Dott. Riccardo Manzetti - Ing. Giuseppe Revessi; **Torino:** Ing. Emilio De Benedetti - Ing. cap. nob. Carlo De Sauteiron de St. Clément - Ing. Luigi Oliva - Ing. Raffaele Pinna.

CONSIGLI DELLE SEZIONI.

Bologna, Via Galliera, 14 - *Presidente:* Prof. Luigi Donati; *Vicepresidente:* Ing. Pietro Lanino; *Segretario:* Ing. Alberto Fabbri; *Cassiere:* Ing. Barnaba Lanino; *Consiglieri:* Prof. Silvio Canevazzi - Ing. Alberto Fabbri - Ing. Salvatore Mariani - Ing. Rinaldo Rinaldi - Ing. Angelo Silva.

Firenze, Via dei Benci, 10 - *Presidente:* Prof. Luigi Pasqualini; *Vicepresidente:* Ing. Giorgio Santarelli; *Segretario:* Ing. Alberto Picchi; *Cassiere:* Ing. Attilio Rampoldi; *Consiglieri:* Prof. Eugenio Bazzi - Ing. Pietro Molfino - Ing. Domenico Spallicci - Prof. Guido Vimercati.

Genova, Via David Chiossone, 7 - *Presidente:* Prof. ing. Sereno Antonio Rumi; *Vicepresidente:* March. ing. Giacomo Reggio; *Segretario:* Ing. Giovanni Anfossi; *Cassiere:* Cav. Saverio Audisio; *Consiglieri:* Ing. Carlo Appelius - Ing. cav. Gustavo Dosmann - Ing. Salvatore Galliano - Ing. Domenico Sertorio.

Milano, Via San Paolo 10 - *Presidente:* Ing. Angelo Bertini; *Vicepresidente:* Ing. Giacinto Motta; *Segretario:* Ing. Guido Semenza; *Cassiere:* Ing. Angelo Bianchi; *Consiglieri:* Prof. Ugo Ancona - Ing. Vittorio Arcioni - Ing. Ernesto Cirla - Prof. Francesco Grassi - Ing. Emanuele Jona - Ing. Luigi Magrini.

Napoli, R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri - *Presidente:* Prof. ing. Luigi Lombardi; *Vicepresidente:* Comm. prof. F. C. Paolo Boubée. *Segretario:* Ing. Luigi De Biase; *Cassiere:* Ing. Ernesto Sannia; *Consiglieri:* Cav. ing. Mario Bonghi - Comm. prof. Gaetano Bruno - Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Gustavo D'Orso - Ing. Guido Fano - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero).

Padova, R. Scuola Applicazione Ingegneri - *Presidente:* Prof. Ferdinando Lori; *Vicepresidente:* Conte ing. Amedeo Corinaldi; *Segretario:* Ing. Lorenzo Bigaglia; *Cassiere:* Prof. Giacinto Turazza; *Consiglieri:* Ing. Augusto Biagini - Ing. Emanuele Montagnini - Ing. Alessandro Moschini - Prof. Giuseppe Veronese.

Palermo, Via Macqueda, 175 - *Presidente:* Cav. prof. Stefano Pagliani; *Vicepresidente:* Cav. ing. Giuseppe Ottone; *Segretario:* Ing. Gaetano Buttafarri; *Cassiere:* Ing. Francesco Agnello *Consiglieri:* Cav. ing. Guglielmo Di Simone - Prof. Orso Mario Corbino.

Roma, Corso Umberto I, 397 - *Presidente:* Ing. Giovanni Giorgi; *Vicepresidente:* Prof. Quirino Majorana Calatabiano; *Segretario:* Ing. Filippo Fiorentini; *Cassiere:* Comm. ing. Oreste Lattes; *Consiglieri:* Ing. Ulisse Del Buono - Comm. Giovanni Dell'Oro - Dott. Giovanni Di Pirro - Comm. prof. Guglielmo Mengarini - Ing. cap. Carlo Vita-Finzi.

Torino, Galleria Nazionale - *Presidente:* Comm. ing. Vincenzo Soldati; *Vicepresidente:* Ing. Ettore Thovez; *Segretario:* Cav. ing. Enrico Sègre; *Cassiere:* Ing. Andrea Luino; *Consiglieri:* Comm. Federico Dumontel - Ing. Guido Fornaca - Prof. dott. Arturo Miolati - Ing. Paolo Prat - Ing. Emilio Silvano - Ing. Pietro Verole.

Digitized by Google

Vol. VIII. SETTEMBRE-OTTOBRE 1904 Fasc. 5°

ATTI
DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SEDE CENTRALE — ROMA

COMUNICAZIONI E LETTURE

N. 28.

UN METODO DI MISURA DELLA CADUTA DI TENSIONE NEI TRASFORMATORI

COMUNICAZIONE
fatta dall' **Ing. Dott. P. BARRECA** *alla Sezione di Roma*
nella Seduta del 9 maggio 1904.

La differenza scalare di tensione, dall'andamento a vuoto a quello in carica del secondario di un trasformatore è, come è notorio, di più difficile misurazione diretta e di minore importanza della caduta vettoriale (cioè di quel vettore che sottratto dal vettore tensione a vuoto dà la tensione effettiva in carico). Nella pratica infatti si può accettare il diagramma di Kapp pel quale quel vettore è indipendente da φ e varia in modo semplicissimo rispetto al vettore corrente secondaria (direzione fissa e grandezza proporzionale). Basta allora determinare in grandezza e direzione questa caduta vettoriale per una sola condizione di carico e si avrà veramente un dato tecnico invariabile e caratteristico del trasformatore esperimentato; segnatolo in OO' (fig. 1) e descritto il cerchio con centro O' e raggio la tensione a vuoto, si ha, come è ancora noto, che il segmento OE

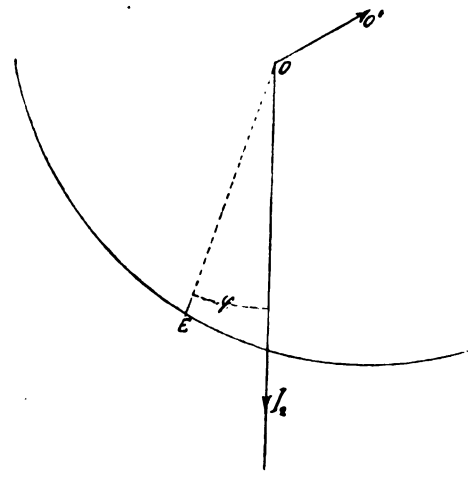


Fig. 1.

Digitized by Google

intercettato su di una retta per O inclinata dell'angolo qualunque φ dà la tensione effettiva per quel φ e se si varia proporzionalmente OO' anche per qualunque I_2. Con $\cos\varphi$ s'intende il fattore di potenza del carico.

Allo stesso risultato rappresentabile da questo diagramma, si giunge dal professor Grassi nella memoria citata in calce alla pagina (1) col trascurare alcune quantità molto piccole figuranti in una formola più completa.

Sono poi anche noti i metodi di misura di Kapp e di Feldmann per determinare questo segmento OO' di cui ci occupiamo. Il primo cortocircuita il secondario attraverso un amperometro A (fig. 2) e

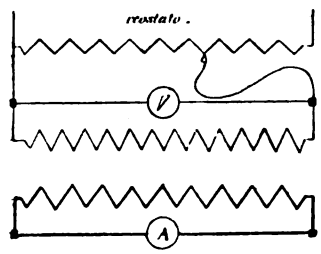


Fig. 2.

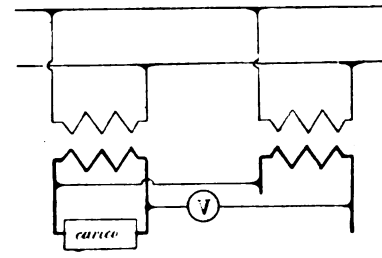


Fig. 3.

legge ad un voltometro V la tensione (bassa) da somministrare al primario per avere la corrente normale; essa, divisa pel rapporto di trasformazione, dà appunto la grandezza del vettore OO'. Il secondo dispone (fig. 3) in parallelo i primari di due trasformatori uguali e carica il secondario di uno solo di essi; il voltometro V dà ancora la grandezza di OO'. Quanto alla direzione si ottiene sempre calcolandone la componente ohmica (verticale nella fig. 1) sulla misura delle resistenze a caldo.

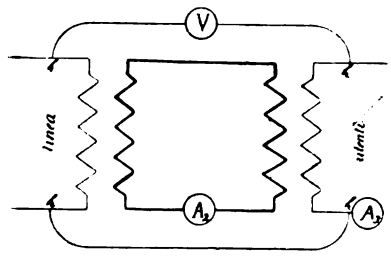


Fig. 4.

Ho esperimentato il metodo seguente di misura che mi pare in certi casi riesca più conveniente dei metodi precedenti; richiede due trasformatori uguali.

Basta disporre in cascata (fig. 4) i due trasformatori inserendo due amperometri A_2, A_3 di portate opportune, cioè non troppo grandi rispetto alle relative correnti e congiungere i morsetti omologhi hh

(1) GRASSI, *Effetti della dispersione e della reattanza nel funzionamento dei trasformatori. Metodi di misura ed applicazioni*, in *Memorie della reale Accademia delle scienze di Torino*, ser. II, tomo LIII, 1903, pag. 61, equaz. 36.

Digitized by Google

delle alte tensioni attraverso un filo f ed un voltometro V da bassa tensione, ma isolato rispetto alla terra con isolamento ad alta. La indicazione massima di questo voltometro basterà che sia 7 o 8 % della tensione di linea, allora la lettura cadrà verso la parte superiore della graduazione e perciò in condizioni di buona esattezza. Il carico nell'esperimento non devè essere piccolo; preferibilmente si scelga il pieno carico per cui furono costruiti i due apparecchi. Detta V la lettura al voltometro, A_2 A_3 quelle degli amperometri, A_0 la corrente magnetizzante di uno dei due trasformatori, R il rapporto di trasformazione a vuoto, sì ha la grandezza G del vettore cercato e riferita all'unità di corrente secondaria con la formola:

$$G = \frac{V}{R(A_2 + RA_3 + A_0 \cos \bar{A}_0 \bar{A}_2)} \qquad (1)$$

La corrente A_0 s'intende letta all'amperometro A_2 dopo aver interrotto dalla parte utenti; le $\bar{A}_0$ $\bar{A}_2$ indicano le direzioni dei vettori di cui A_0 e A_2 sono le grandezze, ed il loro angolo è:

$$\text{angolo } \bar{A}_0 \bar{A}_2 = arc \cos \frac{F}{E_2 A_0} - \varphi_2$$

dove φ_2 rappresenta la fase di A_2 rispetto E_2 (o in pratica rispetto alla tensione ai morsetti) e presa col segno più se è un ritardo.

La F rappresenta le perdite a vuoto del trasformatore da determinarsi, ad esempio, col solito mezzo di un wattmetrino per piccole potenze, alimentando dal secondario.

*
* *

La dimostrazione di questa formola (1) si ottiene come segue: disegniamo (fig. 5) i diagrammi di funzionamento di due trasformatori in cascata, sovrapponendo i due diagrammi l'un all'altro. Cominciando dal primo dello schema (fig. 4), sia OH' la forza magnetomotrice risultante in anticipo sul flusso risultante che essa produce dell'angolo θ. La Ox' abbia la direzione del flusso risultante, il quale generi, ad angolo retto indietro, la forza elettromotrice OE_2' e la forza controelettromotrice che fa equilibrio ad OE_1'. Con l'apice $'$ indico che queste grandezze si riferiscono al primo trasformatore. Sia poi OV_2 la tensione ai morsetti secondari, cioè $E_2' V_2 = C_2'$ sia un vettore facente sempre (per un dato apparecchio) un medesimo angolo con la corrente secondaria I_2 e avente grandezza proporzionale ad essa; questo vettore rappresenta la caduta (vettoriale) nel secondario. Siano OV_1' e C_1' gli analoghi vettori del primario.

Nel sovrapporre a questo diagramma l'analogo (punteggiato) del secondo apparecchio dobbiamo cominciare da OV_2 che rimane inal-

Digitized by Google

terato insieme ad $n_2 I_2$. Segnato il vettore C_2'' uguale ed opposto a C_2' si ha in OE_2'' l'opposta alla f. c. e. m. generata in questo secondo trasformatore, la quale viene così a fare con OE_2' un piccolo angolo χ che non raggiunge i 3 o 4 gradi (1). L'asse Ox'' rappresentante il flusso risultante ruoterà, rispetto alla posizione che occupava nel primo trasformatore, di $180° - \chi$ per rimanere normale ed avanti

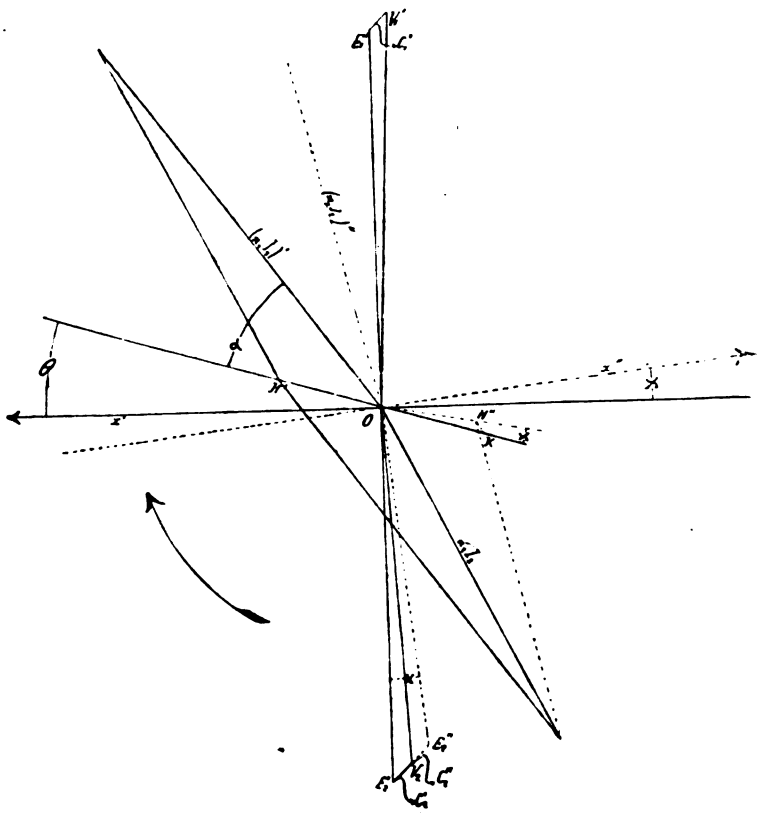


Fig. 5.

alla f. c. e. m. ed altrettanto farà la forza magnetomotrice risultante OH''. Questa ultima subisce inoltre una diminuzione di grandezza proporzionale alla differenza di grandezza tra OE_2' e OE_2''; si può eseguire ad un tempo la rotazione e la diminuzione di gran-

(1) Nella pratica, la caduta essendo 3 a 4 % della tensione secondaria, si ha:

$$gr\ C_2' = gr\ C_2'' = \text{circa } \frac{1}{2}\ 0{,}04\ OV_2$$

e perciò

$$\chi < 2\ arc\ tang \frac{0{,}04}{2} \text{ cioè } = 2°.40.$$

Digitized by Google

dezza se si fa prima OK uguale ed opposto ad OH', e poi su OK si costruisce il triangolo OKH'' simile ad $OE_2' E_2''$. Ne segue che il vettore KH'' ha la stessa grandezza nella scala delle forze magnetomotrici di quella del vettore $C_2' + C_2''$ nella scala delle tensioni.

Ora, come si è detto, l'esperimento si fa con carichi vicini al normale talchè la diagonale dei parallelogrammo è circa cinque centesimi dei lati (perchè la corrente a vuoto non suole superare i cinque centesimi di quella di pieno carico); ne segue che l'angolo $H'AH''$, che è anche l'angolo tra le correnti delle due alte tensioni, è:

$$< 2\, arc\, tang \frac{5}{100} = 5°.45'.$$

Lo stesso angolo fanno i vettori C_1' e C_1'' (non segnato) tra di loro, e perciò (essendo che il *cos* 5°.45′ differisce da 1 di 0,0051) *volendo sommare le cadute dei due primari, si può ritenere che abbiano la stessa fase.*

Chiamiamo ora D_1, D_2 due vettori di grandezze costanti, relativi ad uno qualunque dei primarî ed uno qualunque dei secondarî, diretti (per un dato apparecchio) sempre nello stesso modo (il primo rispetto alla corrente primaria e il secondo rispetto alla secondaria) e chiamiamo i_1, i_2, i_3 le intensità (scalari) delle correnti, ordinatamente nei tre circuiti della fig. 4. Per il ragionamento precedente si ha nell'esperimento:

$$\frac{V}{R} = i_1 D_1 + i_2 D_2 + i_2 D_2 + i_3 D_1 \qquad (a)$$

con le quali notazioni $i_3 D_1$ ha di per sè la stessa fase di $i_1 D_1$.

Invece in uno dei trasformatori, se adoperato alla maniera ordinaria, si ha la caduta:

$$i_1 D_1 + i_2 D_2$$

e tostochè interessi considerare *la differenza di comportamento da pieno carico a vuoto:*

$$i_1 D_1 - \alpha i_0 D_1 + i_2 D_2$$

dove αi_0 è la corrente magnetizzante o a vuoto stimata nella direzione che ha in carica il vettore di grandezza i_1. Infatti la caduta $i_0 D_1$ ha luogo nel primario anche a vuoto.

Posta l'ultima espressione uguale a Gi_2 (secondo il principio approssimativo del diagramma Kapp) si ha:

$$i_1 D_1 - \alpha x i_0 D_1 + i_2 D_2 = G i_2 \qquad (b)$$

relativa al primo trasformatore e

$$i_2 D_2 - R\alpha i_0 D_2 + i_3 D_1 = RG i_3 \qquad (c)$$

per il secondo.

Digitized by Google

Dalle (*a*), (*b*), (*c*), si ricava:

$$\frac{V}{R} G(i_2 + Ri_3) + \alpha i_0 (D_1 + RD_2).$$

Essendo i_0 piccolo (come si è detto, circa $\frac{0,05}{R}$ di i_2 a pieno carico) si può al suo coefficiente $D_1 + RD_2$ sostituire il valore approssimato GR che si può dedurre dalla (*b*) o dalla (*c*) facendovi

$$i_0 = O,\ i_1 = \frac{i_2}{R} \text{ oppure } i_2 = i_3 R$$

e avremo:

$$G = \frac{V}{R(i_2 + Ri_3 + \alpha Ri_0)}$$

equivalente alla (1) che si voleva dimostrare.

***

Riporto, come esempio, i risultati dell'applicazione del metodo a due trasformatori monofasi da 10 kw., 2000 a 110 volt e 50 periodi.

Il carico era costituito attraverso un terzo trasformatore uguale ai precedenti da un reostato di lampade a incandescenza. Gli strumenti A e V erano a filo caldo per 150 ampère e per 300 volt; il wattmetro era un wattmetro Siemens. La corrente magnetizzante, determinata sul secondario con piccolo amperometro da 10 ampère, risultò di a 4.8, e l'energia corrispondente con piccolo wattmetro da circa 300 w. risultò in 204 w. Il coseno dell'angolo di E_2 con $\overline{A}_0$ era dunque 0,386 e l'angolo 67°.20′. Si fecero diversi esperimenti che sono concordanti come segue:

Kw secondari	φ_2	A_2	A_3	Letture V	Caduta riportata a 90,9 amp. $90.9 \times G$
9,800	16° 40′	92,2	5	226	volt 6,06
9,700	18° 50′	91,5	5	222	„ 5,94
9,290	17° 50′	87	4,8	212,5	„ 5,98
—	—	—	—	—	—
7,600	19° 10′	71	3,8	171,5	„ 5,97
—	—	—	—	—	—
5,550	20° 50′	52	2,7	123	„ 5,88
4,600	22° 30′	43	2,2	99,3	„ 5,73

Digitized by Google

*
* *

Il caso in cui questo metodo presenterebbe un vantaggio pratico su quelli di Kapp e di Feldmann è quello di trasformatori un poco grandi. Allora poichè la prima prova prescritta nei collaudi è sempre un buon funzionamento per dieci o più ore a pieno carico e senza eccessivo riscaldamento, così è utile accoppiarli in cascata, specialmente se è limitata la potenza che possono assorbire gli apparecchi utenti e può fornire la linea della stazione di prova. In tal caso la misura con lo schema (fig. 4) che può essere fatta (non richiedendo dispositivi diversi) contemporaneamente alla prova suddetta presenta un risparmio notevole di tempo.

È utile, quando si può, collegare sempre i due trasformatori per le basse tensioni, onde non avere bisogno di voltometro speciale di piccola portata (15 a 20 volt) e poter leggere ugualmente con sufficiente precisione. Ho talvolta adoperato con lo schema sopradetto (ed anche con quello di Feldmann) trasformatori da voltometro per esagerare la lettura, ma il loro uso (opposto a quello pel quale sono di solito costruiti) richiede qualche precauzione. Su tre di essi, uno solo non falsava le indicazioni ed uno dava una deviazione ugualmente lunga anche introducendo nel suo circuito una forte resistenza addizionale. La ragione del fatto è che così si richiede all'avvolgimento sottile una corrente di 5 o 6 centiampère che normalmente potrebbero prendersi solo sul secondario; ne segue una fortissima caduta.

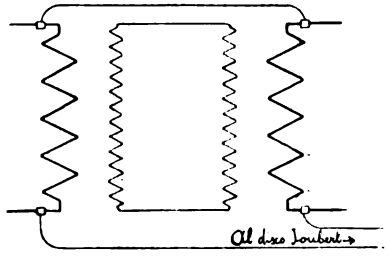


Fig. 6.

*
* *

Uno schema quasi uguale (fig. 6) a quello del metodo proposto fu adoperato, ma con scopo diverso, da Hopkinson [1] in un collaudo di due trasformatori uguali onde misurare le loro differenze di tensioni istantanee. La curva di queste differenze istantanee, insieme a quella delle differenze istantanee delle correnti ed altre curve gli occorreva pel calcolo del rendimento con la voluta precisione. Circa le cadute di tensione, Hopkinson, non essendo ancora a quell'epoca

[1] *Report of Test by* Dr. Hopkinson *of two Transformer of 6500 W each*, in *The Electrical Review*, vol. XXXI, pag. 10. London, 1892.

Digitized by Google

pubblicato il diagramma Kapp (1895), non portò in modo speciale la sua attenzione sul vettore-caduta e preferì considerare:

1° La differenza numerica (di valore efficace) tra le due tensioni agli estremi dello schema fig. 6; essa fu da lui ottenuta calcolando su ciascuna delle due curve delle tensioni istantanee la radice del medio quadrato e facendo la differenza delle due radici. Ovviamente il numero così ottenuto non può venire semplicemente diviso per due, allo scopo di avere la perdita di tensione in ciascuno dei due apparecchi. A questo proposito egli ha aggiunto che nel caso teorico di cadute dovute esclusivamente ai flussi di dispersione (e sempre per trasformatori uguali) la caduta di tensione nel primo (nel senso di variazione percentuale del rapporto di trasformazione) sarebbe stata tripla che nel secondo.

2° Alla differenza numerica (di valore efficace) tra le due tensioni (1) del secondo trasformatore, in carica; questa differenza (indicante effettivamente la caduta numerica o perdita scalare di tensione nell'apparecchio stesso) venne da lui calcolata nello stesso modo della precedente, cioè calcolando sulle due curve le radici delle medie dei quadrati istantanei e facendo la loro differenza.

*
* *

Finisco con un confronto tra i tre metodi di misura che soli, per quanto è a mia conoscenza, determinano direttamente il vettore di cui ci occupiamo.

Il metodo Kapp ha sugli altri due il vantaggio di richiedere un solo trasformatore e l'inconveniente di lasciare il dubbio, non infondato, che col basso valore dell'induzione magnetica nell'esperimento (5 a 6 per cento di quella nel funzionamento normale) le condizioni dell'apparecchio che si prova sieno troppo mutate.

Il metodo qui proposto richiede due trasformatori, opera con la induzione al valore normale e può essere applicato contemporaneamente alla prova di pieno carico continuato.

Il metodo Feldmann è il più preciso di tutti, richiede due trasformatori ed esperimento separato.

(1) Dopo aver naturalmente divisa la più grande pel rapporto di trasformazione a vuoto.

Digitized by Google

N. 29.

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE

(VIII RIUNIONE ANNUALE)

BOLOGNA-PADOVA-VENEZIA 1904

PROGRAMMA.

BOLOGNA.

Venerdì 21 ottobre:

Ore **9** — 1. Inaugurazione dell'Assemblea generale nel Teatro Anatomico dell'Archiginnasio con visita al Museo Civico.

» **15** — 1. Relazione e comunicazioni della Presidenza.
2. Discussioni dei bilanci.
3. Nomina dei revisori dei conti.

COMUNICAZIONI.

Sabato 22 ottobre:

» **9** — 1. Ing. G. GIORGI. *La trazione elettrica ferroviaria nello stato attuale della tecnica.*
2. Ing. G. FINZI. *Un variatore elettrico di velocità.*
3. Dott. L. AMADUZZI. *Osservazioni intorno ad alcune speciali scariche elettriche.*

» **15** — 1. Ing. D. NOBILI. *Ricerche ed esperienze sui trasformatori di misura.*
2. Ing. M. DE SERAS. *Contatore Cosinus* BL e IR.
3. Ing. M. BONGHI. *Determinazione dell'energia elettrica tassabile a base della legge 8 agosto 1895.*

Domenica 23 ottobre:

Ore **9** — 1. Ing. M. NOVI e A. DONATI. *Esperimenti di trazione elettrica sulle linee Valtellinesi - Misurazioni elettriche.*
2. Ing. G. SEMENZA. *Linee moderne per trasmissioni elettriche di energia.*
3. Comunicazioni eventuali.

Digitized by Google

ESCURSIONI E RICEVIMENTI.

Venerdì 21 ottobre:

Ore **20** — Pranzo offerto dalla locale Sezione.

Sabato 22 ottobre:

Ore **21** — Riunione amichevole alla sede della locale Sezione.

Domenica 23 ottobre:

Ore **15** — Appuntamento in piazza Vittorio Emanuele II per la visita alle Centrali Elettriche della Società per lo sviluppo delle Imprese Elettriche in Italia e della Société Anonyme « Les Tramways de Bologne ».

L'andata ed il ritorno si effettueranno con vetture messe gentilmente a disposizione dei congressisti dalle due Società.

» **19** — Pranzo all'Eden offerto dalle suddette Società.

Lunedì 24 ottobre:

Ore 8 — Visita all'Istituto ortopedico Rizzoli.
» **10.35** — Partenza per Padova.

PADOVA.

Lunedì 24 ottobre:

Ore **13.8** — Arrivo a Padova.
» **13.30** — Colazione offerta dalla Sezione Veneta.
» **15** — 1. Prof. L. LORI. *Alcuni fenomeni di risonanza elettro-meccanica.*
2. Ing. A. PITTER e A. ZENARI. *L'impianto idro-elettrico del Cellina.*
» **17** — Ricevimento nel palazzo del Comune per invito dell'Autorità Municipale.

VENEZIA.

Martedì 25 ottobre:

Visita all'impianto idro-elettrico del Cellina della « Società per l'utilizzazione delle forze idrauliche del Veneto.
Ore **4.45** — Partenza da Venezia.

Digitized by Google

Ore **10** — Arrivo a Montereale Cellina.
Visita delle opere idrauliche fino all'edifizio di presa.
Colazione offerta ai congressisti dalla Società.
Visita alle Officine, ecc.
» **17.30** — Partenza da Montereale.
» **23.5** — Arrivo a Venezia.

Mercoledì 26 ottobre:

Ore **9.30** — Partenza dal pontile di San Marco, su battello messo a disposizione dei congressisti per l'intera giornata dal Municipio di Venezia.
» **10** — Arrivo a San Giobbe e visita alla Stazione ricevitrice del Cellina.
» **12** — Colazione offerta all'Hôtel Britannia dalla Società delle Ferrovie della Rete Adriatica.
» **14** — Visita alla Stazione Marittima della Rete Adriatica ed ai Silos.
» **16.30** — Visita allo Stabilimento della « Società Calci e Cementi ».

Insieme alla circolare contenente l'ordine del giorno delle sedute ed il programma dei ricevimenti e gite, fu anche inviato dal cassiere generale il bilancio consuntivo dell'esercizio 1903 ed il bilancio preventivo 1905. Li riproduciamo unitamente alla Relazione dei revisori dei conti, che li accompagnava.

RELAZIONE DEI REVISORI DEI CONTI.

Egregi Colleghi,

In conformità al mandato conferitoci dalla vostra fiducia, della quale ci onoriamo, e vi ringraziamo, procedemmo alla revisione dei conti corrispondenti all'esercizio 1903, primo anno di esercizio della Sede Centrale a Roma.

Prendemmo perciò conoscenza dei libri e dei documenti giustificativi, procedendo a verifiche sia delle entrate, sia delle spese, riscontrando in tutto semplicità, esattezza e regolarità. Il cassiere centrale comm. Lattes agevolò il nostro cómpito esibendo i più minuti particolari intorno alla sua gestione, per la quale dobbiamo riconoscergli subito una speciale benemerenza, sia per la scrupolosità e l'ordine tenuto nel non lieve lavoro, sia perchè portò in esso un senso di ben intesa economia e d'interesse sociale che non si potrebbe superare.

Digitized by Google

Così risparmi e sconti molto sensibili ottenne sulle fatture della tipografia ed altri fornitori, tanto da conseguire nella pubblicazione degli Atti una economia di L. 263.40 sulla somma preventivata, che già segnava una diminuzione sugli anni precedenti. Nè mancò di far pratiche per la maggior diffusione degli Atti dell'Associazione e per la pubblicità sui medesimi, per la quale conseguì un incremento che apparirà meglio nell'esercizio in corso.

Del pari, in previsione dei forti depositi momentanei delle quote anticipate per l'escursione agli Stati Uniti, conseguì l'aumento degli interessi dal 2 al 3 per cento sul conto corrente presso la Banca Commerciale di Roma.

Ed anche sul conto onoranze a Marconi, pur riuscite così splendide, seppe ricavare un beneficio a favore della cassa sociale, in guisa da compensare la imprevedibile maggiore spesa occorsa per la targa.

Quanto allo stato patrimoniale, esso si è accresciuto di molto in seguito allo scambio dei periodici e delle pubblicazioni italiane e straniere coi nostri Atti. Il cassiere sta preparando un accurato inventario per valutare sia i periodici, sia la consistenza degli Atti in magazzino, inventario che si propone di presentare alla prossima Assemblea generale.

Noi presentiamo perciò alla vostra approvazione il consuntivo 1903 da noi coscienziosamente verificato, il quale chiude con un avanzo di L. 2006.06, che, aggiunte al fondo disponibile trasmesso dalla precedente Sede Centrale, costituiscono un fondo sociale al principio del nuovo esercizio 1904 di L. 8764.46, senza tener conto dei crediti diversi.

A proposito dei quali raccomandiamo in modo speciale la sollecitudine e l'esattezza alle singole Sezioni nel versare il loro contributo statutario alla Cassa Centrale. Abbiamo, infatti, osservato che alcune Sezioni, oltre all'essere tuttora meno diligenti (infatti alcune versarono il contributo del 1903 ad anno nuovo già avanzato), non hanno neppure soddisfatto completamente al loro debito per gli esercizi anteriori. Si trovano Sezioni che non sono ancora in regola col contributo del 1902, e sarebbe opportuno che in proposito l'Assemblea prendesse qualche deliberazione. Per quanto riguarda la rimanenza esigibile del 1903 raccomandiamo di nuovo e insistentemente la puntualità alle singole Sezioni, perchè la loro puntualità è fra i principali coefficienti per il buon funzionamento della Sede Centrale e quindi per lo sviluppo dell'Associazione.

E con questo abbiamo esaurito il nostro mandato.

Ing. ATTILIO PARAZZOLI.
FEDERICO GENTILI.

Digitized by Google

Entrata.	Consuntivo	Preventivo	Differenza
Contributi sezionali:			
Sezione di Bologna . L. 600 —			
» di Firenze. . . 660 —			
» di Genova. . . 690 —			
» di Milano . . . 3,620 —			
» di Napoli . . . 830 —			
» di Palermo . . 420 —			
» di Roma . . . 1,840 —			
» di Torino . . . 2,080 —			
	10,740 —	10,970 —	— 230 —
Pubblicità sugli Atti . . . . . L.	590 —	300 —	+ 290 —
Proventi diversi:			
Interessi e diversi . . L. 194.15			
Differenza attiva conto onoranze Marconi . . 180.72			
Estratti dagli Atti . . . 135.50			
Vendita e abbon. Atti . 121.50			
	631.87	200 —	+ 431.87
Debitori al 31 dicembre 1902:			
Diversi . . . . . L. 139.50			
Sezione di Bologna . . 40 —			
» di Firenze. . . 250 —			
» di Milano . . . 30 —			
» di Palermo . . 20 —			
	479.50	719.50	— 240 —
Spese rimborsate da terzi . . . L.	18 —	. .	+ 18 —
Dalla passata Sede Centrale per premio fra i soci (Partita di giro) .	1,000 —	1,000 —	. .
L.	13.459.37	13,189.50	+ 269.87

Uscita.	Consuntivo	Preventivo	Differenza
Trasferimento Sede Centrale e suo impianto . . . . . L.	253.60	250 —	+ 3.60
Pubblicazione Atti	5,157.99		
Estratti dagli Atti.	638 —	6,250 —	— 263.40
Pubblicità sugli Atti.	190.61		
Spedizione Atti.	791.57	750 —	+ 41.57
Stampati diversi	263 20	300 —	— 36.80
Amministrazione	993.80	900 —	+ 93.80
Contributo affitto Sezione di Roma.	300 —	300 —	. .
Spese postali	309.23	300 —	+ 9.23
Cancelleria e diverse.	283.60	300 —	— 16.40
Distribuzione periodici alle Sezioni.	74.49	100 —	— 25.51
Acquisto di mobilio	234.96	250 —	— 15.04
Riunione annuale	731.96	600 —	+ 131.96
Maggiore spesa per medaglia Marconi	200 —	200 —	. .
Spesa per vendita Atti	6.30	. .	+ 6.30
Spese per conto terzi	24 —	. .	+ 24 —
Premio fra i soci come da bilancio 1902 (Partita di giro) . . .	1,000 —	1,000 —	. .
Saldo a pareggio	2,006.06	1,689 50	+ 316.56
L.	13.459.37	13,189.50	+ 269.87

Situazione di Cassa al 1° gennaio 1904.

Fondo disponibile rimesso dalla passata Sede Centrale. . . . . L.	6,758.40
Saldo attivo Esercizio 1903 . . .	2,006.06
L.	8,764.46

Stato patrimoniale all'apertura dell'Esercizio 1904.

1. Contanti in cassa. . . . . L.		8,764.46
2. Mobilio (per memoria)		. .
3. Valore pubblicazioni periodiche in cambio (per memoria) .		. .
4. Valore delle pubblicazioni sociali (per memoria). . . .		. .
5. Crediti diversi:		
Contributi sezionali residuo 1902 . . . . . L.	240	
Id. id. 1903	210	520 —
Creditori diversi	70	
L.		9,284.46

Il Cassiere: O. LATTES.

Digitized by Google

Sede Centrale. **Bilancio preventivo per l'Esercizio 1905.** **Sede Centrale.**

Entrata.	1905	Preventivo 1904	Differenza
Contributi sezionali . . . . . L.	12,500	11,300	+ 1,200
Pubblicità sugli Atti	1,000	500	+ 500
Interessi e proventi diversi . . .	500	200	+ 300
L.	14,000	12,000	+ 2,000

Uscita.	1905	Preventivo 1904	Differenza
Pubblicazione Atti . . . . . L.	6,500	6,500	. .
Spedizione Atti.	1,000	800	+ 200
Stampati diversi	250	250	. .
Amministrazione	1,200	900	+ 300
Spese postali	300	250	+ 50
Cancelleria e diverse.	300	250	+ 50
Distribuzione periodici alle Sezioni	100	100	. .
Contributo per il locale occupato presso la Sezione di Roma. . .	400	300	+ 100
Riunione annuale	700	600	+ 100
Quote inesigibili	250	200	+ 50
Impreviste	500	350	+ 150
Riserva per l'incremento del patrimonio sociale.	2,500	1,500	+ 1,000
L.	14,000	12,000	+ 2,000

Il Cassiere
O. LATTES.

Digitized by Google

Venerdì 21 ottobre.

Seduta inaugurale.

L'inaugurazione della nostra riunione ha avuto luogo in forma solenne nella magnifica aula « Galvani » della Scuola anatomica all'Archiginnasio bolognese per cortese invito di quel Municipio.

In nome del Comune ha dato il saluto agli elettrotecnici il regio commissario cav. Crosara leggendo il seguente discorso:

Signori!

« Il rappresentante della città di Bologna è lieto ed onorato di assistere all'inaugurazione del vostro Congresso e di ospitarvi nella severa magnificenza dell'antico Archiginnasio, gloria di Bologna, gloria italiana.

« E questo storico monumentale anfiteatro nel quale convengono, come a meta di pio pellegrinaggio i dotti di tutto il mondo, è luogo ben scelto per l'inaugurazione d'un Congresso di elettrotecnici, poichè qui dentro l'immortale Galvani divinò il principio dell'elettricità, e quindi dalla cattedra insigne e veneranda ne svelò al mondo i primi misteri.

« Possano i gloriosi ricordi e la maestà del luogo ispirare a voi nuove conquiste della scienza, nuovi trionfi del genio italiano.

« Con questo augurio io vi porgo, o signori, il saluto della città di Galvani e di Marconi, e ve lo porgo con quella cordialità che è nel carattere di questa gagliarda popolazione, e con quel rispetto che è dovuto ad ospiti cortesi e graditi ».

Il nostro Presidente ha ringraziato l'ospitale Bologna e la locale Sezione per le cordiali accoglienze preparate.

Il Presidente della Sezione di Bologna, prof. Donati, alla sua volta ha portato parole di ringraziamento al Municipio che ha voluto concedere l'uso di un'aula così piena di gloriosi ricordi scientifici aumentando così la solennità della funzione inaugurale, e ai colleghi italiani che hanno voluto scegliere Bologna a sede di quest'ottava riunione generale.

Terminata la breve cerimonia inaugurale, fu visitata l'importante biblioteca, avendo a guida tanto valente, quanto cortese l'egregio prof. Sorbelli. Nella sala dove la biblioteca termina e comincia il Museo etrusco, venne offerto dal Municipio un sontuoso rinfresco.

Digitized by Google

Seguì la visita interessantissima del Museo colla guida dell'illustre professore Brizio, e dopo questa, quella del Museo del Risorgimento ove il signor Cantoni fu largo di preziosissime notizie ad illustrazione delle numerose memorie storiche ivi contenute.

La visita terminò passato il mezzogiorno.

Seduta pomeridiana.

Il luogo di riunione per questa e le successive sedute è stata la magnifica sala della Sezione di Bologna.

La seduta si apre alle ore 15.

Prende la parola il prof. ASCOLI, presidente, per leggere la seguente

RELAZIONE DELLA PRESIDENZA.

Mi sento molto lieto ed onorato di dare in questa città dotta ed ospitale il benvenuto ai colleghi qui convenuti dalle diverse Sezioni a quest'assemblea generale. Queste nostre simpatiche e famigliari riunioni annuali sono ormai favorevolmente conosciute e giudicate dai nostri soci e dagli estranei; esse costituiscono senza dubbio uno dei lati più attraenti ed utili della nostra organizzazione, sia per le cose che si vedono, sia per le amicizie che si rinnovano o che si stringono, sia per l'importanza delle comunicazioni e delle discussioni che dànno occasione ed origine a nuovo proficuo lavoro. Per questa ragione noi vediamo accorrere all'assemblea generale un così grande e crescente numero di colleghi, per questa ragione, fra le altre, la nostra Associazione si mantiene prosperosa e promettente di florido avvenire.

Dello stato della nostra Associazione e del lavoro fatto dopo l'ultima e memorabile assemblea generale tenuta l'anno scorso in Napoli e Palermo, ora a me spetta di riferire; ma prima d'incominciare io sento il dovere di rivolgere alla Sezione di Bologna, che così cortesemente ci ospita, ed in particolar modo al suo solerte presidente, l'illustre professor Donati, una parola di caldo ringraziamento per l'opera loro prestata con tanto zelo per la preparazione della nostra riunione. Vivi ringraziamenti debbo anche rivolgere alla Commissione, presieduta dall'ing. prof. Canevazzi, che più specialmente fu incaricata dell'organizzazione. Le larghe accoglienze che ci furono preparate contribuiranno grandemente a rendere gradevole il nostro soggiorno in questa storica città; ma più che ogni altra cosa noi appreziamo la cordialità che presiede a tutte le nostre riunioni, e che è proverbiale nelle popolazioni di questa regione.

Digitized by Google

Pur troppo nella schiera dei nostri colleghi di anno in anno dobbiamo constatare qualche vuoto; le singole Sezioni hanno già commemorato i loro soci scomparsi; ma io non posso fare a meno di ricordare uno di questi scomparsi che fu sempre presente in tutte le riunioni generali dell'Associazione; è questa la prima volta che egli manca. Voglio parlare del Colonello Pescetto, uno dei fondatori della nostra Associazione, morto pochi giorni dopo che egli ci aveva lasciati al termine della riunione di Palermo. Il suo ingegno eletto, il suo carattere gioviale, il suo animo buono lo aveva reso amico di quanti lo incontrarono. Io credo d'interpretare il sentimento della schiera numerosa dei suoi amici, mandando alla sua memoria un mesto saluto.

***

Nell'ultima assemblea generale furono votati tre ordini del giorno; l'uno (Bertini) riguardante l'interpretazione di un articolo del regolamento sulla trasmissione dell'energia elettrica, che aveva condotto ad un processo e una condanna in prima e seconda istanza di un nostro collega; la Presidenza s'interessò vivamente della questione, e sono lieto di ricordare che il voto espresso in quest'ordine del giorno fu completamente esaudito col rinvio deliberato dalla Cassazione e colla successiva completa assoluzione dell'imputato; è sperabile che simili sentenze valgono a suggerire per l'avvenire una più equa interpretazione del detto regolamento.

Un secondo ordine del giorno (Bonghi) conteneva un voto per l'abrogazione di alcuni articoli del regolamento sui telefoni. Anche di questo si occupò la Presidenza, ma dovette persuadersi non essere ora il momento opportuno per avanzare il voto.

Un terzo ordine del giorno (Bertini) si riferiva alle critiche intorno alla relazione della Commissione per le modificazioni alla legge sulla derivazione delle acque pubbliche.

La Presidenza invitò qualche Sezione a portare in discussione l'argomento; ma non avendo quella relazione avuto alcun seguito, questo lavoro fu sospeso.

Fu anche sospesa ogni deliberazione sul regolamento generale dell'A. E. I. e sul riconoscimento giuridico. La discussione dell'anno scorso dimostrò che questi provvedimenti non erano ritenuti urgenti; tuttavia la Presidenza avrebbe preso le sue deliberazioni intorno al regolamento se in tempo le fossero pervenute le attese proposte della Sezione di Firenze relative alla Sede della Biblioteca. Queste proposte sono state presentate solamente oggi.

Digitized by Google

Un'altra questione di cui la Presidenza si è interessata senza buon risultato, malgrado i ripetuti sforzi, è quella del compimento del lavoro della Commissione per le norme di sicurezza. Si è tuttavia compiuto parte del lavoro ed è sperabile che se approfitti per giungere rapidamente ad una conclusione.

*
* *

L'incremento numerico dell'Associazione non si è finora arrestato, anzi ha accennato ad accelerarsi, essendosi verificato dall'ultima assemblea un aumento di 124 soci, aumento che in nessun precedente anno si era verificato. Il numero totale dei soci è così salito a 1128, dei quali 975 individuali, 133 collettivi e 20 studenti. A questo incremento ha contribuito la formazione della nuova Sezione veneta. Costituitasi in seguito ad approvazione del Consiglio generale nel dicembre scorso con 28 soci, oggi ne conta 59; alla nuova Sezione facciamo i migliori augurî di prosperità. Constato intanto che essa comincia nel suo primo anno di vita a prendere parte attiva alla nostra riunione ed a offrirci ospitalità nella sua sede: non so se di ciò debbo rallegrarmi o condolermi colla Sezione; ad ogni modo anche ai colleghi veneti ed al loro presidente professor Lori, io rivolgo ora i nostri più vivi ringraziamenti, non sapendo se mi sarà possibile di farli nella loro sede, chiamato come sono in Roma da improrogabili impegni ed anche forse da un po' di desiderio di tranquillità dopo le peregrinazioni del continente americano che mi obbligarono ad esercitare per più di un mese le funzioni di presidente in permanenza.

Col crescere del numero dei soci le entrate e le spese crescono insieme; più tardi, a questo proposito, sentirete la relazione del nostro cassiere; io constato solamente che, sebbene io sia contrario alle soverchie economie (nel che non vado sempre d'accordo col nostro ministro del tesoro) e malgrado abbia aperto durante la mia amministrazione parecchie nuove sorgenti di spesa, le condizioni del bilancio si presentano abbastanza prospere. A ciò ha contribuito anche un sensibile aumento che si è potuto ottenere negl'introiti per la pubblicità e per la vendita ed abbonamento alle nostre pubblicazioni. Abbiamo così nel bilancio un notevole avanzo che ci permette non solo di costituire quella riserva che un'associazione come la nostra deve possedere per ogni evenienza, come ad esempio quella del riconoscimento giuridico; ma anche di poter disporre di quei mezzi che il decoro dell'associazione può richiedere in circostanze

Digitized by Google

non difficilmente prevedibili. Non c'è forma di attività e di azione efficace che non porti come conseguenza maggiori spese; ed io ripeto quanto ebbi a dire anche l'anno scorso, che cioè nel sottoporre all'assemblea l'approvazione dei bilanci non intendo che la parola riserva significhi qualche cosa d'intangibile, ma qualche cosa che debba essere a disposizione del Consiglio e della Presidenza, per l'incremento non solo del patrimonio materiale, ma anche di quello morale, che vale assai di più per noi che non formiamo una società finanziaria o industriale.

Le pubblicazioni nel 1903, malgrado la loro mole superiore alla prevista, hanno costato un po' meno del preventivo, sebbene io abbia voluto essere sempre largo verso gli autori per quanto riguarda la stampa delle figure; solo in casi eccezionali si domandò un rimborso; e credo che a questo proposito nessuno potrà lamentarsi. Mi è grato poi constatare che i nostri *Atti* sono sempre più apprezzati, sia in Italia che all'estero: le richieste di compere e di abbonamento, e le offerte di cambi, oltre che le dichiarazioni personali ricevute ne sono la prova; pur troppo la lingua italiana è poco conosciuta nella maggior parte dei paesi dove i nostri studi sono più coltivati; ciò è un serio ostacolo alla maggior diffusione delle pubblicazioni italiane. Dopo l'ultima assemblea furono pubblicate negli *Atti* 46 memorie presentate alle sedute delle diverse Sezioni; di molte altre comunicazioni fatte sotto forma di pubbliche conferenze, non pervennero finora alla Presidenza nemmeno i sunti; per modo che gli scritti comparsi negli *Atti* non rappresentano tutta l'attività delle Sezioni. Numerose conferenze furono tenute specialmente a Bologna, Napoli e Roma. Per queste conferenze, per le letture e per questioni di amministrazione nelle Sezioni furono tenute in questo periodo più di 60 sedute. Una seduta dall'A. E. I. fu tenuta anche in New York il 1° settembre in una sala del laboratorio di prove istituito dall'Associazione tra le 70 Società Edison Americane. L'ing. Lieb, direttore delle Società Edison di New York ed attuale presidente dell'American Institute of Electrical Engineers, vi tenne una interessante lettura per spiegare il funzionamento del laboratorio ed esporre alcuni dei risultati ottenuti, specialmente in riguardo alle lampade ad incandescenza. Interessante sovrattutto perchè mette in rilievo la efficacia di una di quelle potenti organizzazioni che costituiscono una delle principali caratteristiche del lavoro americano. La memoria sarà stampata negli *Atti*.

Furono inoltre compiute da parecchie Sezioni delle escursioni allo scopo di visitare impianti interessanti.

Digitized by Google

***

Il giorno 7 febbraio 1904 sulla base del monumento eretto in Torino alla memoria di Galileo Ferraris, fondatore e primo presidente della nostra Associazione, fu solennemente collocata la targa in bronzo, compiendo il voto dell'assemblea generale del 1902. La Sezione di Torino fu incaricata di preparare la cerimonia, e qui mi è grato ripetere alla Sezione stessa, e particolarmente al suo presidente ingegnere Soldati ed al suo segretario ing. Segre, i ringraziamenti miei e dei colleghi tutti per lo zelo con cui hanno disimpegnato questo incarico e per il modo con cui hanno saputo preparare la cerimonia che riuscì, come doveva essere, nello stesso tempo semplice, solenne ed affettuosa. A loro è pur dovuta la nostra riconoscenza per la cortesia con la quale furono accolti tutti i colleghi convenuti in Torino per quella circostanza. Il collocamento della targa sul monumento a Galileo Ferraris ha un alto significato per la nostra Associazione, poichè legare indissolubilmente il nome nostro a quello di Galileo Ferraris significa prendere impegno solenne di aspirare col nostro lavoro agli ideali più puri ed elevati.

Durante l'anno è uscito il terzo ed ultimo volume delle opere di Galileo Ferraris per cura dell'Associazione nostra, a nome della quale debbo rivolgere una parola di vivo ringraziamento al professor Guido Grassi che con tanto amore e con tanto zelo condusse a termine il lavoro di coordinamento e revisione.

***

S. E. il ministro d'agricoltura, industria e commercio invitò verso la fine del 1903 la nostra Associazione a partecipare alla mostra elettrica nella esposizione di St-Louis, inviando una raccolta di disegni e fotografie che potesse dare un'idea dello sviluppo delle applicazioni elettriche in Italia. Gli espositori italiani (come del resto anche di molte altre nazioni) nella Sezione elettrica erano così scarsi che certamente il concetto del ministro nel rivolgersi a noi era altamente encomiabile. Disgraziatamente il tempo che avevamo innanzi a noi era assai ristretto. Malgrado questo io ho creduto di accettare la proposta del ministro, e, sebbene altre gravi cure riguardanti l'Associazione ci preoccupassero in quel momento, mi sono messo all'opera aiutato specialmente dall'ing. Riccardo Colombo di Roma. Furono interrogate le Direzioni dei più importanti impianti elettrici ed officine, e fortunatamente molte di esse risposero largamente al nostro invito. La raccolta completa avrebbe richiesto almeno un anno di

Digitized by Google

tempo e di lavoro; tuttavia mercè il buon volere di molti si è riuscito ad inviare al di là dell'Atlantico una raccolta che destò il più vivo interesse tra quelli che, in mezzo all'enorme massa di roba accumulata in quella mastodontica fiera, riuscirono a vederla ed esaminarla. Il risultato finale fu poi che l'Associazione ottenne il *Grand Prix* - ossia la massima onorificenza.

A questo lusinghiero risultato forse in parte contribuì la presenza in St-Louis di una larghissima rappresentanza della nostra Associazione recatasi a visitare gli Stati Uniti e a prender parte al congresso internazionale di elettricità.

Di questa nostra memorabile escursione agli Stati Uniti non è il caso di fare qui ora un rapporto dettagliato: ma un cenno è ben necessario che entri in questa mia relazione, perchè essa ha assunto una importanza imprevedibile, non solo per il prestigio della nostra Associazione, ma anche per quello del nome italiano.

L'organizzazione del viaggio non era facile, anzi ad alcuni sembrò tanto difficile da sconsigliare dal tentare questa impresa, che ai loro occhi timidi o diffidenti sembrava troppo ardita. L'esperimento diede interamente torto a questi timorosi; chi ha preso parte alla gita credo che possa attestare come nessun difetto di organizzazione si ebbe a lamentare e che, una escursione di questa specie non poteva riuscire in modo migliore.

Quando, sentito il parere di molti colleghi e consultato il Consiglio generale, fu decisa la escursione, non mi nascosi le difficoltà dell'impresa, ma ero convinto che agendo opportunamente esse si sarebbero man mano appianate, e così fu. Mi rivolsi prima privatamente all'ing. Mailloux dell'Am. Inst., noto a diversi colleghi, il quale insieme all'ing. Lieb comunicò il nostro proposito al Consiglio dell'Am. Iust., che lo accolse con entusiasmo, ed invitò ufficialmente l'A. E. I. a partecipare ad un viaggio circolare al quale era stata invitata l'Institution di Londra che si recava in America per restituire la visita fatta dagli americani a Londra. Per proseguire le trattative e formare un programma completo e dettagliato ho creduto necessario nominare un nostro rappresentante, scelto tra i nostri soci residenti in New York. L'ing. Lieb che aveva passato 10 anni in Milano come ingegnere capo della Edison, mi fu indicato dal collega Semenza come il più adattato per quest'incarico. Egli accettò con grande cortesia la mia proposta e si mise all'opera con un'attività ed un zelo tali che nessuna parola di ringraziamento potrebbe bastare; egli per più di un anno mantenne con me una attivissima corrispondenza prevedendo e provvedendo ad ogni cosa

Digitized by Google

fin nei più minuti dettagli e rispondendo alle numerose richieste che io gli andavo facendo onde assicurare la riuscita dell'impresa. Per facilitare il lavoro fu da me nominata una Commissione risiedente negli Stati Uniti e composta di nostri soci, l'ing. Lieb ne fu il presidente e membri gli ingegneri Mailloux, Faccioli, Soleri e Torchio. Tutti questi nella preparazione e durante la nostra permanenza negli Stati Uniti ci furono di tale aiuto e si prestarono in ogni circostanza con tanto zelo e cortesia che io sento il dovere di ripetere qui, per quanto insufficiente, una parola di caldo e sincero ringraziamento.

All'escursione in America al momento della partenza rimasero iscritti 44 soci, a questi si unirono poi i 5 membri della Commissione ed alcuni altri soci che, venuti in America per speciali incarichi, intervennero ad una parte delle escursioni da noi organizzate, di modo che più di 50 colleghi si trovarono a rappresentare le nostra Associazione in America. Numero questo notevolmente superiore ad ogni previsione. La spedizione nel viaggio di andata si divise in due gruppi principali; il più numeroso (29 soci) prese imbarco sul transatlantico Princess Irene del N. D. L., in partenza da Genova l'11 e da Napoli il 12 agosto; il 2° (di 11 soci) sul Deutschland dell'Hamburg American Linie in partenza da Cherbourg il 19 agosto; gli altri scelsero altri transatlantici. Il 1° gruppo giunse in New York il 24, il 2° il 25 agosto; tutti fin dal momento dello sbarco trovarono ogni sorta di cortesi accoglienze e facilitazioni, sia da parte del nostro comitato che da parte delle autorità consolari e dei rappresentanti della colonia, dell'American Institute e della città di New York. Il programma dell'escursione si divise in due parti: la prima durò dal 24-25 agosto fino all'arrivo della comitiva inglese in Boston, cioè fino al 2 settembre. In questi 10 giorni la comitiva italiana ebbe molto agio, grazie alla preparazione perfetta ed ai mezzi messi a sua disposizione, di visitare la città e le vicinanze di New York. L'incontro in Boston colla comitiva inglese, poco più numerosa della nostra, fu assai cordiale, ed in quei giorni come nelle successive occasioni, privatamente e pubblicamente il presidente dell'Institution di Londra, signor Gray, e parecchi altri soci rammentarono con parole entusiastiche e lusinghiere la loro visita fatta in Lombardia nella primavera del 1903. Alla comitiva si unì un gruppo di colleghi americani, numerose signore e parecchi elettricisti di altre nazioni diretti al congresso di St-Louis. Ma gl'inglesi e gl'italiani costituirono la grande maggioranza ed ebbero in ogni circostanza il posto d'onore, ciò che portò ai rispettivi presidenti un

Digitized by Google

lavoro non poco gravoso di rappresentanza ed un esercizio incessante nell'arte oratoria. Gli americani, tra cui, oltre l'ing. Lieb, voglio ricordare il presidente dell'Am. Inst., ing. Arnold, il prof. Elihu Thomson, presidente del congresso, i presidenti e membri dei comitati locali che erano stati costituiti in tutte le città, nelle quali ci siamo fermati, si adoperarono tutti con estrema gentilezza e cordialità; non faccio nomi perchè l'elenco sarebbe troppo lungo e facili sarebbero le dimenticanze.

Dopo le fermate a Fall River, Newport, Boston, New York, Schenectady, Montreal, Niagara, Chicago, Springfield, si giunse a St-Louis l'11 settembre. Il 12 si aprì il congresso, al quale gl'italiani ebbero una parte quale forse non si vide mai in nessun'altra riunione internazionale. Nelle cariche per la Presidenza del congresso essi ebbero 5 posti (Ascoli e Lombardi vice-presidenti onorari del Congresso, Grassi presidente onorario della Sezione *B*, Maffezzini della *D*, Jona vice-presidente della *D*) nella camera dei delegati ufficiali dei Governi, composta di 27 membri rappresentanti 15 nazioni, 4 membri italiani presero parte alle sedute e discussioni (Ascoli, Lombardi, Maffezzini, Solari).

L'A. E. I. avea nominato 4 delegati ufficiali (Ascoli, Lombardi, Grassi, Jona), tre dei quali tennero letture, ciò che conferì all'A. E. I. la qualifica e le prerogative di corpo cooperatore del congresso, insieme ad altre 4 Società europee e 9 americane. In tutto dagl'italiani furono presentati 8 lavori, uno dei quali fu dichiarato tra i più importanti comunicati al congresso.

La camera dei delegati trattò nelle numerose sedute due questioni intorno alle quali erano state presentate al congresso diverse comunicazioni che avevano dato luogo ad importanti discussioni. La prima è quella delle unità di misura ed in particolar modo delle modificazioni ai campioni di Chicago che fu sostenuta con buoni argomenti; la seconda questione era quella della standardizzazione (normalizzazione) delle costruzioni e dei materiali elettrici, che da parecchio tempo si agita tra i tecnici e che autorevoli persone ritengono di grande importanza per la produzione e l'applicazione industriale. La camera dei delegati nominò due Commissioni di 5 membri (in ciascuna un membro era italiano, l'Italia era pure rappresentata nella Presidenza della camera) per fare le proposte sulle due questioni.

Per riguardo alle unità fu opportunamente deciso di proporre ai Governi la nomina di una Commissione, eventualmente permanente, per gli studi delle questioni attinenti all'importante e sempre aperta questione.

Digitized by Google

Quanto alla standardizzazione la questione non sembrò altrettanto matura per un'analoga proposta; fu quindi deliberato d'invitare le Società tecniche ad esaminare e a dare il loro parere in proposito. L'A. E. I. in seguito a ciò sarà chiamata a dare il suo contributo a tale studio, ed io studierò i mezzi, perchè lo scopo sia raggiunto nel modo più efficace e sollecito.

Intanto al prof. Eliahu Thomson, presidente del congresso e della camera dei delegati, al prof. Kennelly, segretario generale, ed ai loro collaboratori, io sento il dovere di ripetere l'espressione dell'infinita nostra gratitudine per le grandi e molteplici cortesie usateci.

Chiuso il congresso, la comitiva partì il 18 da St-Louis, e visitato Pittsburg, Washington, Philadelphia, giunse a New York il 21 settembre.

A Philadelphia fu tenuta una riunione della comitiva allo scopo di deliberare in qual modo si dovesse esprimere la nostra gratitudine per l'ospitalità grandiosa ricevuta dall'American Istitute e dal comitato Americano dell'A. E. I., e specialmente dal signor Lieb, che era stato l'anima di tutta l'organizzazione. Già un ricevimento era stato offerto da noi a St-Louis nell'elegante padiglione italiano messo cortesemente a nostra disposizione dal Commissario generale italiano comm. Branchi, ricevimento al quale furono invitati i colleghi americani e inglesi, i delegati delle varie nazioni al congresso e le autorità dell'esposizione di St-Louis. Ma fu ritenuto conveniente un altro invito per salutare i nostri ospiti, invito che fu fatto in New York la sera del 22, la quale rimarrà indimenticabile per quanti erano presenti. Inoltre fu deliberato d'inviare un ricordo duraturo dell'avvenimento all'American Institute ed all'ing. Lieb. Io credo che questo ricordo debba essere offerto a nome non solo di chi partecipò al viaggio, ma anche a nome dell'intera Associazione, in segno di gratitudine e di fratellanza.

Il 24 settembre, come era stato stabilito nel programma, la comitiva si sciolse; una parte fece ritorno immediato, altri invece prolungarono di qualche giorno la permanenza in New York. Il nucleo più numeroso s'imbarcò il 29 settembre sul *Deutschland,* giungendo a Parigi il 5 ottobre.

Durante tutto il viaggio l'ing. Picchi, segretario della Sezione di Firenze, disimpegnò le funzioni di cassiere della Comitiva, l'ingegnere Curti della Sezione di Napoli e l'ing. Giorgetti della Sezione di Milano quelle di segretari, contribuendo con la loro attività ed il loro zelo nel modo più efficace e soddisfacente alla buona riuscita dell'escursione.

Digitized by Google

Ho creduto di dare brevemente relazione dell'andamento generale di questa memorabile escursione che si compiè senza alcun serio incidente ed assunse un'importanza indiscutibile. È desiderabile che una relazione più completa sia pubblicata sulla scorta dei documenti che abbiamo a nostra disposizione, tra i quali debbo segnalare 11 magnifici volumi illustrati, distribuiti a tutti i partecipanti al viaggio e pubblicati per quest'occasione a cura dei diversi comitati locali.

Con questo io chiudo la mia relazione sull'attività dell'Associazione nel periodo trascorso dall'ultima assemblea generale, periodo che non fu meno fecondo dei precedenti e conferma la convinzione che il nostro sodalizio possiede quelle energie e quelle virtù che fanno sperare in un sempre più florido avvenire.

Ed ora incominciamo il nostro lavoro.

La fine della lettura è accolta da vivi e prolungati applausi.

Il PRESIDENTE domanda se qualche socio desidera prender la parola sulla relazione della presidenza.

Ing. SANTORO. Ricorda che in occasione dell'inaugurazione del monumento a Galileo Ferraris venne fatta l'assegnazione del premio che a Galileo Ferraris s'intitolava. Poichè si trattava di un premio importante domanda alla Presidenza se la relazione della Commissione incaricata è stata pubblicata giacchè non è riuscito a leggerla.

PRESIDENTE. Non sa che la relazione in parola sia stata pubblicata, almeno per esteso. S'informerà e procederà in conseguenza.

La parola è al cassiere ing. Lattes, per la presentazione dei bilanci.

LATTES, *cassiere*. Il Presidente, nella Relazione generale, ha già accennato a vari argomenti del bilancio: avrò quindi poco da aggiungere. Avvertirò solo che la dichiarazione del nostro illustre presidente ed amico mio carissimo a proposito del vostro « ministro del tesoro » è la conseguenza dell'obbligo prudenziale e costante che incombe ad ogni buon amministratore di contenere le spese entro i limiti prefissi, e di aver sempre presente che la prosperità morale di un'associazione, sia pure tecnica e scientifica come la nostra, non può andare disgiunta dalla sua solidità finanziaria. Ciò posto domando se si deve leggere la Relazione dei Revisori dei conti.

Parecchi propongono che venga data per letta in considerazione della sua precedente distribuzione a tutti i soci, e la proposta viene accettata.

LATTES, *cassiere*. Per soddisfare ora la raccomandazione dei Revisori dei conti, circa lo stato patrimoniale dell'Associazione, ho

Digitized by Google

procurato di determinare il valore da attribuirsi alle pubblicazioni periodiche italiane ed estere, ricevute in cambio dei nostri Atti, ed alla consistenza degli Atti stessi che abbiamo in magazzino.

Mi sono limitato alle pubblicazioni ricevute a tutto il 1903 e, quanto ai nostri Atti, non vi ho compresi i fascicoli del vol. VIII in corso di pubblicazione. Il calcolo eseguito con una certa approssimazione permette di stimare il patrimonio sociale all'apertura del presente esercizio come appresso:

Stato patrimoniale all'apertura dell'esercizio 1904.

Contanti in cassa	L.	8,764.46
Mobilio (svalutato del 10 per cento)		250 —
Pubblicazioni ricevute in cambio (al prezzo d'origine)		2,000 —
Atti sociali in magazzino		1,500 —
Contributi sezionali arretrati		450 —
Crediti diversi		70 —
Totale . . .	L.	13,034.46

Ing. BERTINI, *presidente della sezione di Milano.* Desidera fare un'osservazione sul consuntivo del 1903, richiamare, cioè, l'attenzione dell'Assemblea sopra la cifra di debito di L. 30 che figura per la Sezione di Milano. Si affretta a dire che tale cifra rappresenta le quote di soci morosi, e che dovrà essere riportata in eterno da bilancio in bilancio se l'Assemblea non decide diversamente. Ritiene che non sia logico ritenere le Sezioni responsabili delle quote di soci morosi.

LATTES, *cassiere.* Fa rilevare anzitutto all'egregio ing. Bertini che la somma di L. 30 non è un debito della Sezione di Milano, ma, viceversa, un pagamento da essa eseguito nel corso del 1903 per arretrati 1902.

Aggiunge poi che la partita « debitori diversi al 31 dicembre 1902 » essendo un *credito* della Sede Centrale preso in consegna dalla Presidenza attuale all'atto del passaggio della Sede Centrale da Torino a Roma, e ratificato dall'Assemblea generale di Napoli, precisamente nella cifra di L. 719.50, non poteva cancellarsi dal bilancio 1903. Epperciò la differenza tra il detto credito e la somma riscossa durante l'esercizio costituisce ancora un *residuo attivo* di L. 240, che abbiamo dovuto riportare nello *stato patrimoniale* sotto il titolo appunto di « contributi sezionali, residuo del 1902 ».

Digitized by Google

Per analogo motivo, vi figura il residuo attivo per contributi sezionali relativi all'esercizio 1903, per l'ammontare di L. 210, che è la differenza tra le somme addebitate alle Sezioni per le iscrizioni 1903 regolarmente avvenute e notificate alla Sede Centrale, e i versamenti effettuati durante l'anno dalle Sezioni.

Decida ora l'Assemblea — che è sovrana — se ai crediti verso le Sezioni per contributi arretrati la Cassa Centrale deve definitivamente rinunziare, e le cifre relative non figureranno più nei bilanci futuri.

RAMPOLDI. Quale cassiere della Sezione di Firenze, ed a nome dell'intera Presidenza di quella Sezione, si associa alle idee del Presidente della Sezione di Milano. È interesse comune che le esazioni procedano colla massima precisione e speditezza, ma alcune volte, difficoltà impreviste, anche dolorose, si parano d'innanzi e ad esse nulla può opporsi. Soci che possono fallire, altri cambiare di residenza senza sapere ove vadano a stabilirsi, creano morosità per le quali nessuno può essere incolpato o reso garante. Ritiene desiderabile che nelle relazioni dei Revisori dei conti, si adoperi una forma più mite verso quelle Sezioni che sono in arretrato. D'altra parte, non crede possibile rendere responsabili le Sezioni dell'incasso completo delle quote spettanti a tutti i soci, perchè qualche cosa mancherà sempre, per cui sarebbe opportuno stabilire per massima che contando sull'interessamento dei singoli cassieri, e sollecitandoli anche, ove occorra, la Cassa Centrale non facesse i calcoli nella sicurezza di ricevere fin l'ultimo centesimo.

LATTES, *cassiere*. Per l'ultima delle considerazioni svolte dal collega Rampoldi, si è appunto preventivata in bilancio una somma intitolata « quote inesigibili ». Ma l'insieme della questione implica la risoluzione di un concetto di massima, quello, cioè, della dichiarazione di morosità del socio, combinato con un altro concetto, pure di massima, tuttora da risolvere, del grado di responsabilità che spetta alle Sezioni, allorchè hanno dato alla Sede Centrale la nota ufficiale dei soci regolarmente inscritti presso ognuna di esse.

Ing. LANINO, *vice-presidente della Sezione di Bologna*. Si associa ai precedenti oratori e ricorda come la questione siasi sollevata fino da tre anni fa, quando la Sede Centrale era a Torino, ma che ha sempre ritenuto non potersi fare nulla di tassativo. Vorrebbe si stabilisse un *modus vivendi* per il caso dei soci morosi, non dimenticando che le Sezioni sono molto aggravate dalla Sede Centrale.

Prof. ASCOLI. Osserva che potrà la Sede Centrale non far addebitare alle Sezioni le quote inesatte, ma occorrerà che si ricorra

Digitized by Google

alla proclamazione della morosità del socio, altrimenti mancherebbe una sanzione dello stato di fatto. La Sede Centrale, fino a che questa dichiarazione manca, non può sottrarsi a quelle spese che il socio moroso continua ad obbligare. Sono le Sezioni che si mostrano timorose nel dichiarare la morosità o addirittura non rispondono alle richieste che la Sede Centrale fa in proposito. Esse dovrebbero pensare che un socio moroso non è radiato e può ridiventare socio regolare non appena cessa di essere moroso.

Ing. GIORGI, *presidente della Sezione di Roma.* È questa una questione discussa molte volte nel nostro Consiglio e si è visto che è bene che le Sezioni restino responsabili fino a che il socio non viene dichiarato moroso. Ciò porta un utile freno all'iscrizione di nuovi soci.

Ing. SEGRE, *segretario della Sezione di Torino.* Manifesta l'opinione che la questione fosse risolta fin dall'anno passato.

Prof. ASCOLI. Ricorda che la questione fu mossa, ma non risoluta.

Ing. SILVA. Fino da Napoli, egli aveva fatto proposte concrete. Le ripete: 1ª non inviare la tessera e le pubblicazioni ai soci morosi; 2ª stabilire un termine alla morosità, per esempio, 2 anni, dopo il quale il socio viene radiato.

Prof. ASCOLI. Queste norme saranno fissate nel regolamento, ma esse sono già praticate dalla Sede centrale quando le sezioni denuncino i soci morosi; ciò che, come ho detto, non sempre avviene; in questo e non in altro sta la difficoltà.

Ing. BONGHI, *consigliere della Sezione di Napoli.* La questione non sembra poi così difficile: a Napoli sembra sia stata bene risolta. Ciascuna sezione fissa a suo beneplacito il termine per la dichiarazione di morosità del socio, ma quando questa dichiarazione è fatta, per la Sede Centrale il socio diviene come non esistente.

Ing. BERTINI. Si associa al collega Bonghi, ma crede sarebbe bene stabilire il concetto che la responsabilità della Sezione cominci da un determinato termine; per esempio, si limiti ai mesi trascorsi dal 1° di gennaio.

PRESIDENTE. Si associa al collega Bonghi, ma ripete che quanto egli propone è già in pratica.

L'ing. BONGHI per chiudere la discussione propone il seguente *ordine del giorno:*

« Le Sezioni sono responsabili per le quote dei loro soci verso la Sede Centrale per i mesi trascorsi dal principio dell'anno finanziario fino al mese in cui è dichiarata dalla Sezione stessa, e comunicata alla Sede Centrale, la morosità del socio ».

Si vota per alzata di mano, e resta approvato.

Digitized by Google

Ing. SILVA. Desidera portare una questione importante relativamente alle spese della Sede Centrale: quella del periodico cambiamento della residenza della Sede che obbliga a spese non indifferenti ora, ed enormi in avvenire. Crede quindi conveniente pensare fin d'ora al problema della Sede fissa.

Prof. ASCOLI. Avverte che è in animo della Presidenza prendere qualche provvedimento fermo restando, s'intende, il principio della Sede mobile. Nel Consiglio Centrale la cosa fu in parte discussa.

Ing. BONGHI. Propone di sentire il parere dei soci col metodo del *Referendum,* mediante ampio questionario e di metterla all'ordine del giorno dell'Assemblea ventura.

Ing. BERTINI. Ricorda che a Napoli si era concluso intorno a quest'argomento deliberando di interpellare le singole Sezioni. Perchè ciò non è stato fatto?

PRESIDENTE. Perchè si attendevano notizie definitive intorno alla questione della biblioteca da Firenze, notizie che sono giunte solo oggi.

Ing. SANTORO. Desidera fare una proposta che crede pratica anche perchè non aggraverà troppo il bilancio. Vorrebbe che la Sede Centrale ottenesse le pubblicazioni estere in copie multiple, in modo che ogni Sezione potesse avere la sua. Se ciò potesse ottenersi col cambio dei nostri *Atti* la cosa costerebbe poco.

Prof. ASCOLI. Ricorda che si hanno circa novanta pubblicazioni in cambio dei nostri *Atti* e che queste sono state divise fre le varie Sezioni riuscendo a soddisfare gran parte dei desiderii espressi, di più sarà difficile ottenere.

Ing. SANTORO. Intendeva parlare degli *Atti* di altre Società estere non dei giornali e non crederebbe inopportuno spendere anche qualche somma per raggiungere questo scopo.

Prof. ASCOLI. La Presidenza studierà la questione. Nessun altro avendo domandato la parola sul consuntivo del 1903, si pone ai voti e viene approvato all'unanimità.

Si passa alla discussione del bilancio preventivo pel 1905.

LATTES, *cassiere.* Prima di parlare del bilancio preventivo per l'anno prossimo, poichè siamo già molto inoltrati nel consuntivo dell'anno in corso, il cui preventivo fu approvato nella passata Riunione generale, credo interessante, non meno che doveroso, di dar notizia all'Assemblea della situazione finanziaria al 1° ottobre corrente, sottoponendole i risultati dei primi nove mesi di esercizio del 1904.

Digitized by Google

Esercizio 1904.

Situazione di cassa al 1° ottobre 1904.

ENTRATA.

Contributi Sezionali.			
Bologna	L. 300 —		
Firenze	600 —		
Genova	300 —		
Milano	3600 —		
Napoli	393 33	. . . . L.	7443.33
Padova	250 --		
Roma	1000 —		
Torino	1000 —		
Pubblicità sugli Atti:			
Competenza 1903 . .	L. 107.20		
Id. 1904 . . .	391.50	. . . . .	708.70
Id. 1905 . . .	210 —		
Vendita Atti			28 —
Estratti dagli Atti			82.50
Interessi e proventi diversi			150.20
Residui attivi esercizio 1903:			
Contributi sezionali .	L. 30 —		
Debitori diversi. . . .	36 —	. . . . .	66 —
	Totale entrata . . .	L.	8478.73

SPESE.

Pubblicazione Atti:			
Stampa 4 fascicoli. .	L. 3324.52		
Estratti dagli Atti . .	446.75	. . . . L.	4057.42
Avvisi di pubblicità . .	286.15		
Spedizione Atti			606.75
Elenco Soci e stampati diversi			165.85
Amministrazione			788.50
Spese postali			133.75
Cancelleria e diverse			179.05
Distribuzione periodici alle Sezioni			58.98
Acquisto di mobilio			48 —
Riunione annuale			108.48
Targa pel monumento a Galileo Ferraris			350 —
	Totale spese . . .	L.	6496.78

Digitized by Google

Con la scorta di queste cifre posso assicurare fin d'ora i colleghi che le condizioni del bilancio 1904 non riusciranno meno floride di quelle dell'anno precedente.

PRESIDENTE. Prende argomento dalle notizie relative al bilancio in corso, per comunicare che i soci reduci dalla gita in America hanno deciso di inviare un ricordo della loro gratitudine all'Associazione consorella americana ed al fattore più importante della buona riuscita della visita, l'ing. Lieb. A questo scopo sono stati destinati i fondi residui delle quote versate dai gitanti, ma crederebbe conveniente che tali doni fossero fatti a nome dell'intera Associazione e perciò sarebbe necessario fissare un concorso dell'Associazione nella spesa.

Ing. RAMPOLDI. Non soltanto vede conveniente quanto propone il prof. Ascoli, ma ritiene ciò un onorifico dovere e con entusiasmo domanda che l'Assemblea voti formalmente un tale concorso, la cui cifra deve comparire nel bilancio del 1904. Si può autorizzare la Presidenza a fissare il limite del concorso a quanto crederà conveniente, ma con la viva raccomandazione che il dono sia fatto a nome dell'intera Associazione, e l'idea sia realizzata così sollecitamente da far comparire la spesa nel bilancio 1904. Propone che l'assemblea esprima all'American Institute i suoi sentimenti di riconoscenza.

LATTES, *cassiere*. Dopo quanto ha esposto ritiene che le condizioni del bilancio 1904 consentiranno il desiderato stanziamento.

Il PRESIDENTE si associa all'ing. Rampoldi e propone sia inviato un telegramma di ringraziamento ai colleghi americani — a proposta è accolta con una prolungata ovazione (1).

LATTES, *cassiere*. Ora passiamo propriamente al preventivo 1905. Dopo la distribuzione del progetto di preventivo assieme all'ordine del giorno, il Consiglio generale, riunitosi stamane, ha suggerito alcune variazioni intese specialmente a devolvere a determinati fini la maggior somma raffigurata sotto il titolo di *Riserva*.

È opportuno premettere che tale denominazione non va presa in senso assoluto, quasichè la nostra Associazione volesse tesoreggiare. Vi sono peraltro circostanze in cui un Istituto come il nostro deve

(1) Il telegramma inviato è il seguente:

" *Lieb, presidente American Institute of electrical Engineers*
" *New-York.*

" Associazione elettrotecnica italiana riunita Bologna assemblea generale manda fraterno e grato saluto American Institute e suo presidente.

" *Presidente:* ASCOLI. „

Digitized by Google

poter disporre di qualche mezzo finanziario per esercitare convenientemente ed efficacemente la sua azione. Con siffatto obbiettivo il compilatore del bilancio ha creduto di tener ferma la cifra stanziata appunto nella Riunione di Napoli sotto il nome di riserva. Solo a questa condizione, iniziative che onorano l'Associazione, e quella testè unanimemente accolta ne è un esempio, possono attuarsi subito senza turbare la solidità del bilancio sociale.

Ciò posto nel preventivo 1905, che ora proponiamo, si lascerebbero inalterate le partite dell'entrata come nel testo distribuito, e si modificherebbe come appresso l'uscita.

Preventivo spese per l'esercizio 1905 (modificato).

	1905	Preventivo 1904	Differenza
Pubblicazione Atti	(*) 7,000	6,500	+ 500
Spedizione Atti	1,000	800	+ 200
Stampati diversi	250	250	. .
Amministrazione	1,200	900	+ 300
Spese postali	300	250	+ 50
Cancelleria e diverse	300	250	+ 50
Distribuzione periodici alle Sezioni	100	100	. .
Contributo per il locale presso la Sezione di Roma	400	300	+ 100
Riunione annuale	(*) 1,000	600	+ 400
Quote inesigibili	250	200	+ 50
Rilegatura dei periodici ricevuti in cambio	(*) 400	. .	+ 400
Impreviste	(*) 300	350	— 50
Riserva per l'incremento del patrimonio sociale	(*) 1,500	1,500	. .
L.	14,000	12,000	+ 2,000

(*) Cifre modificate rispetto al preventivo distribuito (V. pag. 434).

Le variazioni introdotte si spiegano da sè, ed io non ho bisogno di aggiungere ulteriori commenti. Esse provengono dallo sviluppo preso dall'Associazione, dall'accresciuto numero dei soci, dalla mole maggiore delle pubblicazioni sociali, dall'opportunità di provvedere a che le ricche collezioni di periodici non vadano disperse,

Digitized by Google

dall'obbligo infine di sopperire con qualche larghezza alle spese sostenute dalle Sezioni, presso le quali si tiene la Riunione annuale. Mi dichiaro pronto del resto a fornire le spiegazioni e gli schiarimenti sia sull'entrata, sia sull'uscita, che i colleghi crederanno di domandare.

PRESIDENTE. Nessuno chiedendo la parola il preventivo 1905 si intende approvato secondo la relazione di cui il cassiere ha dato lettura.

È approvato unitamente alla proposta del socio BANTI di uno speciale voto di plauso al cassiere.

PRESIDENTE. Prego l'Assemblea di nominare i due nuovi revisori dei conti, gli attuali desiderando di non essere rieletti.

Prof. BANTI. Propone i soci della Sezione di Roma ing. Ciampi e cav. Angelini.

L'Assemblea ad unanimità accetta la proposta.

PRESIDENTE. L'ing. Bonghi, dovendo ripartire questa sera da Bologna, prega di far dare la precedenza alla sua comunicazione. Nulla opponendosi, dà la parola al predetto ingegnere.

Ing. BONGHI. Legge la sua comunicazione. La fine è accolta da vivi applausi.

Sabato 22 ottobre.

Seduta antimeridiana.

La seduta si apre alle ore 9.

Il PRESIDENTE comunica il seguente telegramma dell'ing. Pagliani, presidente della Sezione di Palermo:

« Non potendo probabilmente alcun nostro socio intervenire Riunione annuale pregola porgere cordiali saluti Sezione siciliana colleghi costì riuniti. — Pagliani ».

Dà poi la parola all'ing. Giorgi per la sua comunicazione.

Ing. GIORGI. Legge la sua comunicazione e termina vivamente applaudito (1).

PRESIDENTE. Ringrazia l'ing. Giorgi della interessante comunicazione e su di essa apre la discussione.

La discussione è stata fra le più interessanti e ad essa han preso parte, oltre il Presidente, i soci dott. Finzi, ing. Lanino, ing. Santoro, ing. Verole, ing. Donati, ai quali ha risposto l'ing. Giorgi. Il sunto di questa discussione sarà riportato come appendice alla comunicazione stessa nel venturo fascicolo.

(1) Questa comunicazione con la discussione cui diede luogo saranno pubblicate in seguito.

Digitized by Google

Seduta pomeridiana.

La seduta si apre alle ore 15.

Il PRESIDENTE dà la parola al dott. FINZI, il quale dice quali sono i principî teorici sui quali vuole sperimentare per ottenere un « variatore elettrico di velocità ».

La sua conferenza è vivamente applaudita.

Il PRESIDENTE ringrazia il dott. Finzi per la comunicazione interessante, e poichè nessuno domanda la parola sopra l'argomento, invita l'ing. Nobili a leggere il suo studio.

Ing. NOBILI. Legge tenendo desta l'attenzione dei numerosi soci presenti e termina fra vivi applausi.

La comunicazione riportata nel presente fascicolo (pag. 469) non ha dato luogo ad alcuna discussione.

Il PRESIDENTE dà la parola all'ing. DE SERAS, il quale legge la descrizione del contatore *Cosinus* (vedi pag. 507).

L'ing. GEYGER, alla fine della lettura, osserva non essere esatto che in ogni contatore siano necessarie due coppie motrici in causa degli attriti e che alcuni contatori, per esempio lo *Stanley,* poichè ha la sospensione magnetica, non ha la coppia compensatrice degli attriti. A questa osservazione l'ing. DE SERAS risponde che ciò sapeva benissimo, ma che non si può ritenere difetto del contatore avere le due coppie.

Domenica 23 ottobre.

Seduta antimeridiana.

La seduta si apre alle ore 9.

Il PRESIDENTE dà la parola al dott. AMADUZZI, il quale parla di alcuni fenomeni speciali da lui osservati nelle scariche elettriche. La comunicazione, che sarà pubblicata per esteso negli *Atti,* ha raccolto gli applausi dei presenti non dando luogo a discussione.

Il PRESIDENTE ringrazia il dott. Amaduzzi e poi comunica il seguente telegramma giunto in risposta a quello da noi inviato all'Associazione Americana degli elettricisti:

« American Institute sends fraternal greeting and heartily reciprocates friendly sentiments sister Society. — Lieb ». (*Applausi*).

Dà poi la parola all'ing. DONATI per la comunicazione che, insieme all'ing. NOVI, ha avuto incarico di fare dalla Società ferroviaria della Rete Adriatica.

Digitized by Google

La interessantissima comunicazione, che verrà pubblicata negli *Atti* insieme alla importante discussione cui diede luogo, fu vivamente applaudita. Alla discussione presero la parola il prof. ASCOLI, e gl'ingegneri VEROLA, LANINO, CELERI, SANTORO, SEMENZA, ARNÒ, ANCONA, ai quali tutti rispose l'ing. DONATI.

Chiusa la discussione, il PRESIDENTE ha dato la parola all'ingegnere SEMENZA per la sua conferenza sulle « Linee moderne per trasmissioni di energia ».

Anche questa comunicazione, la cui fine fu accolta da applausi, diede luogo a discussione alla quale presero parte il prof. ARNÒ e gl'ingegneri DE BENEDETTI e DEL BUONO, ai quali fornì chiarimenti l'ing. SEMENZA.

Questa comunicazione sarà pubblicata per esteso negli *Atti* e seguìta dalla discussione alla quale diede origine (vedi pag. 529).

Il PRESIDENTE ringrazia vivamente tutti gli autori delle importanti note presentate a questo primo periodo del Congresso; prima però di sospendere le sedute, che dovranno riprendersi a Padova, vuole rivolgere una calda preghiera agli autori acciocchè consegnino alla segreteria molto sollecitamente i loro manoscritti per evitare che nel resoconto delle sedute compaiano le discussioni relative alle comunicazioni di cui non è pubblicato il testo.

Comunica inoltre il desiderio della Presidenza di organizzare altri viaggi all'estero, cominciando da qualcuno più breve di quello compiuto quest'anno, perchè ad esso possano prender parte più soci, e, poichè tutti i presenti sono favorevoli all'idea, egli prende impegno d'occuparsi della cosa.

Accenna anche all'opportunità d'intendersi sulla futura sede della Riunione generale.

Da molti soci si accenna a Firenze, ed allora l'ing. MOLFINO, a nome di quella Presidenza, di cui nessun membro in quel momento era presente, manifesta la grande soddisfazione che avrebbero i soci di Firenze se tale città avesse l'onore di venir scelta come sede del prossimo Congresso.

La Presidenza quindi resta incaricata di fare le pratiche necessarie e vedere se il desiderio comune potrà essere soddisfatto.

I ricevimenti e le visite in Bologna ebbero luogo secondo voleva il programma.

Alla riunione amichevole nella Sede della Sezione intervennero moltissimi soci: essa riuscì della massima cordialità desiderabile.

Digitized by Google

Interessantissime risultarono le visite alla stazione elettrica dei tramway e a quella dell'illuminazione.

Alla Zucca, centrale della Società dei tramway bolognesi, fecero gli onori di casa il Direttore cav. Parenzo e l'ing. Spagnolo; al Battiferro, officina generatrice dell'impianto delle Società per lo sviluppo delle industrie elettriche in Italia, furono guide preziose gli ingegneri Barberis e De Santis e l'avv. Biancoli.

Anche la visita all'Istituto ortopedico Rizzoli, la cui fama mondiale non ha bisogno di ricordo, riuscì di sommo interesse.

Molti soci, alla spicciolata, usufruirono della concessione fattaci dalla Ditta Calzoni che permise la visita del suo importante stabilimento.

Tanto il pranzo offerto dalla Sezione Bolognese, quanto quello datoci dalle due Società esercenti industrie elettriche in Bologna, riuscirono come meglio non era possibile.

La nostra Associazione intera esprime sensi di profonda gratitudine per chi ha saputo organizzare così bene e curare in ogni minimo particolare il programma del gradito soggiorno nella città che ha dato e dà tanto contributo ai progressi della scienza elettrica.

Lunedì 24 ottobre.

Questo giorno, a norma del programma, fu quasi interamente passato a Padova e per quanto la sosta in questa Sezione, la più giovane della nostra Associazione, sia stata breve, la cordialità, l'affetto e la grandiosità delle accoglienze, sono stati tali da lasciare profondo ricordo di animo grato verso le autorità cittadine, i professori tutti della Scuola d'Applicazione, nel cui seno vive la Sezione, e principalmente verso il suo egregio Presidente, infaticabile, cortese, appassionato pioniere della nostra Associazione.

Nell'Aula della Scuola di Elettrotecnica ebbero luogo le comunicazioni elencate nel Programma.

Quella dell'ing. Zenari che rifletteva la sistemazione idraulica dell'impianto del Cellina, accolta da vivi applausi, non diede, per la sua natura, luogo a discussione. Viene pubblicata per esteso in questo volume degli Atti.

La comunicazione del prof. Lori, intorno ad un suo nuovo sistema di telegrafia sintonica, benchè fatta nella forma di amichevole conversazione, di « parziale confessione ai colleghi » (come volle chiamarla l'autore) interessò grandemente l'uditorio e diè luogo a discussione. Sarà pubblicata negli atti.

Digitized by Google

Martedì 25 ottobre.

Rispettando esattamente il programma stabilito, la giornata fu tutta dedicata alla visita dell'impianto del Cellina. Memorabile, nel cuore e nella mente di tutti, resterà questa gita riuscita certo fra le più interessanti e meglio organizzate di quelle fatte dall'A. E. I.

La grandiosità dell'opera, unica in Italia per la sua concezione, l'imponenza dei paesaggi che la natura offre in quella regione, la caratteristica organizzazione della gita coronata da tempo bello, la straordinaria cordialità fra i gitanti hanno formato un tutto veramente indimenticabile.

L'ingegnere Pitter, direttore dei lavori per la parte elettrica, descrisse minutamente la centrale leggendo una splendida memoria che viene pubblicata negli atti, ed insieme all'ingegnere Valduga e a molti altri tecnici della Società, fu guida preziosissima per la sua rara competenza pari alla sua insuperabile cortesia.

Tanto godimento intellettuale doveva però essere grandemente turbato da un disgraziatissimo incidente nel ritorno. Una delle carrozze della numerosa carovana, pel buio della notte, ribaltò e ne ebbero a soffrire conseguenze l'ing. cav. V. Mattei, per il quale facciamo voti di pronta guarigione, e, meno gravi, il prof. Morra.

Mercoledì 26 ottobre.

Questo giorno fu interamente passato a Venezia, rispettando il programma prefissato.

Le visite della stazione ricevitrice del Cellina, dell'impianto elettrico alla Stazione Marittima della Rete Adriatica, quella dei Sylos e della fabbrica di Calci e Cementi lasciarono in tutti la migliore impressione. Di sontuosità imponente e pieno di cordiale amistà, riuscì il pranzo di chiusura offerto dalla Società delle Ferrovie Rete Adriatica.

Quest'ottava riunione generale ha dimostrato, nel modo il più evidente, l'importanza che va prendendo la nostra Associazione anche pel concetto in cui è tenuta dalle varie autorità cittadine e governative ed ha servito mirabilmente a far capire quali potenti vincoli di cordialità ed affetto leghino gli elettrotecnici fra di loro: gli scopi più importanti dunque che l'Associazione si era prefissa non solo sono raggiunti ma si vanno sempre più saldamente fissando.

Della perfetta riuscita della riunione di quest'anno esprimiamo i più vivi ringraziamenti a tutti i colleghi che con la cortesia più

Digitized by Google

squisita hanno saputo pensare a tutto il necessario, ma un ringraziamento speciale rivolgiamo a quelle Signore che hanno voluto allietare la nostra riunione con la grazia della loro presenza.

All'Assemblea sono intervenuti i seguenti soci:

SEZIONE DI BOLOGNA.

Amaduzzi dott. Lavoro, Benetti comm. prof. Jacopo, Cairo ing. cav. uff. Enrico, Calzoni ing. Adolfo, Canevazzi cav. prof. Silvio, Cricca ing. Pier Felice, Diana ing. Ernesto, Donati ing. Alfredo, Donati cav. dott. prof. Luigi, Fabbri ing. Alberto, Gaiani ing. Augusto, Gasperini cav. ing. Cleto, Gorrieri ing. prof. Domenico, Greppi ing. Luigi, Gullini ing. Arrigo, Jannuzzi ing. Carmelindo, Lanino ing. Barnaba, Lanino ing. Pietro, Lollini ing. Riccardo, Maccaferri ing. Umberto, Marieni ing. Salvatore, Novi ing. Michelangelo, Pacilli ing. Emidio, Peretti ing. Manfredo, Raffi ing. Pasquale, Raseri cav. ing. Medardo, Rinaldi cav. ing. Rinaldo, Rizzoli ing. Gustavo, Sebastiani ing. Adolfo, Silva cav. ing. Angelo, Società per lo sviluppo delle Imprese Elettriche in Italia (Impianto di Bologna), Società Parmense di Elettricità, Société Anonyme " Les Tramways de Bologne, „ Calzolari Leonello, Magrini Silvio.

SEZIONE DI FIRENZE.

Ambrosano ing. Edoardo, Cominotti ing. Angelo, Corsini ing. Ernesto. Minuti Florenzio, Molfino ing. Pietro, Rambaldini ing. Giovanni, Rampoldi ing. Attilio, Scarpa prof. Oscarre, Tolomei ing. Mario, Società Telefoni Italia Centrale.

SEZIONE DI GENOVA.

Ammirato ing. Giuseppe, Boccardo ing. Edoardo, Capellini Vittorio, Cristoforis ing. Giuseppe, Cuneo prof. Nicolò, Fonseca ing. Henry, Mingarelli Augusto, Piva ing. Giuseppe, Schenone Giovanni, Thoma cav. dott. ing. Max, Officine Elettriche Genovesi, Società dell'Acquedotto De Ferrari Galliera, Società Italiana Telefoni.

SEZIONE DI MILANO.

Ancona ing. prof. Ugo, Arnò prof. Riccardo, Barberis ing. Giovanni, Barzanò ing. Carlo, Bertini ing. Angelo, Campos ing. Gino, Cauro ing. Luigi, Cirla ing. Ernesto, Danioni ing. cav. Filippo, De Andreis ing. Luigi, De Vleeschauver ing. Gastone, Finzi dott. Giorgio, Fumero ing. Ernesto, Gadda ing. Giuseppe, Gatta ing. Dino, Jona ing. Emanuele, Manara ing. Manarino, Nobili ing. Dino, Olivetti ing. Camillo, Orefici ing. Giuseppe, Panzarasa ing. Alessandro, Pitter ing. Antonio, Putato Eugenio, Rebora ing. Gino, Santoro ing. Filippo, Sartori ing. prof. Giuseppe, Semenza ing. Guido, Viglia ing. Ettore, *Monitore Tecnico* (giornale illustrato), Pirelli & C., Siry Lizars & C., Società Anonima di Costruzioni Elettriche, Brioschi Finzi e C., Società Italiana di Elettricità Siemens-Schuckert, Società Generale Italiana

Digitized by Google

Edison di Elettricità, Società Ferrovie del Mediterraneo, Società per lo sviluppo delle Imprese Elettriche in Italia, Società telefonica per l'Alta Italia, Société Anonyme Westinghouse.

SEZIONE DI NAPOLI.

Ariola tenente Luigi, Bonghi cav. ing. Mario, De Nicola ing. Gaetano, De Seras ing. Mattia, D'Orso ing. Gustavo, Fano ing. Guido, Foà ing. Icilio, Giuliani ing. Giuseppe, Liguori ing. Pirro, Martorelli cav. ing. Pietro, Ruffolo ing. Francesco, Utili Giuseppe elettricista, Società Anonima delle Ferrovie del Vomero, Società Generale d'Illuminazione, Società Meridionale d'Industrie Elettriche ed Idrauliche, Società dei Trams Provinciali.

SEZIONE DI PADOVA.

Bellati conte cav. prof. Manfredo, Biagini ing. Augusto, Carazzolo ing. Giuseppe, Colombo ing. Attilio, Croce ing. Alessandro, Del Valle ing. Giorgio, Levi-Civita prof. Tullio, Lori ing. prof. Ferdinando, Olian Fannio, Nasini prof. comm. Raffaello, Turazza prof. Giacinto, Valduga ing. Ugo, R. Scuola di Applicazione per gl'Ingegneri.

SEZIONE DI ROMA.

Ascoli cav. dott. prof. Moisè, Banti prof. Angelo, Bernieri Mario, Celeri ing. Ferruccio, Colombo ing. cav. Pietro, Conti Vecchi ing. Guido, Del Buono ing. Ulisse, Giorgi ing. Giovanni, Lattes comm. ing. Oreste, Lenner ing. Raffaello, Monteguti cav. Aldo, Piccinini ing. Eugenio, Salvadori ing. Riccardo, Società Generale Italiana di Telefoni ed applicazioni elettriche.

SEZIONE DI TORINO.

Barbieri ing. Menotti, De Benedetti ing. Emilio, Ferraris ing. prof. Lorenzo, Finardi ing. Angelo, Frascari ing. Carlo, Gola ing. Giovanni, Imoda ing. Giuseppe, Morra ing. prof. cav. P. Paolo, Pinna cav. ing. Raffaele, Rostain Giuseppe, Ricotti ing. Paolo, Sacerdote ing. Adolfo, Segre ing. cav. Enrico, Silvano ing. Emilio, Valabrega ing. Raffaele, Verole cav. ing. Pietro, Società Anonima Piemontese di Elettricità, Società Anonima Fabbrica Calce e Cementi.

IL PRESIDENTE
M. Ascoli.

IL SEGRETARIO
R. Salvadori.

Digitized by Google

N. 30.

DETERMINAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

tassabile in base alla legge 8 agosto 1898 e relativo Regolamento

COMUNICAZIONE

fatta dall' **Ing. MARIO BONGHI** *nella seduta del 21 ottobre 1904 all'Assemblea Generale in Bologna.*

La questione che forma oggetto di questa breve comunicazione può parere alla prima di carattere eccessivamente fiscale e non perfettamente consono coi fini della nostra Associazione; ma tale impressione non è giusta. Se noi ci occupiamo del modo di produrre, distribuire e misurare l'energia elettrica, è evidente che dobbiamo pure occuparci delle conseguenze immediate della produzione, distribuzione e misura, che rappresentano il risultato pratico e finanziario del nostro lavoro. L'abbandonare tale quistione in mano unicamente degli agenti fiscali e non portarvi il nostro contributo di tecnici, può avere gravi conseguenze nello sviluppo di alcune industrie, sia di fabbricazione di apparecchi elettrici, sia di utilizzazione di energia, ed è sotto questo aspetto che ho creduto bene pregarvi a volermi concedere un po' del vostro tempo.

In Italia non abbiamo ancora alcuna legge o decreto che sanzioni le unità elettriche, nè la vendita dell'energia elettrica è in alcun modo disciplinata con determinate unità legali di misura(1); non è così, per esempio, in Francia, dove un decreto del 25 aprile 1896 definisce l'unità di misura per i contratti di vendita o di altra natura; non così in Germania, dove una legge del 1° giugno 1898 determina non solo le unità, ma la prova e la taratura degli istrumenti di misura per i bisogni dell'industria; non così in Austria, dove decreti del 1884-87-900 provvedono allo stesso fine; non così in Inghil-

(1) È stata nominata nel mese di novembre una Commissione dal Ministero d'agricoltura, industria e commercio con tale incarico: ne fanno parte il Roiti, il Lombardi, il Grassi, il Righi: tutti professori e nessun tecnico industriale.

Digitized by Google

terra, dove vi provvedono gli atti legislativi del 1894 e 1899; non così in Ispagna, dove una legge del 1897 provvede alla tassazione dell'energia elettrica, e non così in Russia, dove decreti imperiali e ministeriali provvedono allo stesso fine. Noi che abbiamo comune con la Spagna la tassa, abbiamo solo in questa legge riconosciuta dallo Stato come unità di vendita l'ettowattora, (definito come unità di energia elettrica e meglio sarebbe stato detto di lavoro elettrico), e *la candela,* sebbene la prima unità, o per meglio dire multiplo di unità, non è sanzionato in nessun altro paese come termine di misura, e la seconda non ha nessun ragguaglio fisso con la prima; nella legge stessa non è imposto però nelle relazioni cogli utenti uno speciale modo di controllo, anzi in modo esplicito è lasciata libertà nel caso dei Comuni inferiori ai 10 mila abitanti di vendere senza contratto a *candela annua* (art. 4): il regolamento chiarisce però meglio tale libertà di modalità di vendita, e in rapporto alla tassa, all'art. 34, definisce esattamente che il consumo dei privati può essere accertato con contatori o misuratori di consumo (perchè i due nomi?) o desunto dai contratti stipulati *à forfait.*

Non è il caso di discutere se i criteri adottati dal nostro Governo siano migliori o peggiori di quelli adottati da altri Governi europei; la massima libertà industriale è certo sempre preferibile in ogni caso, ma questa libertà può e deve andare sino a lasciare indeterminata la misura di ciò che si vende, e permettere così che alcuni Comuni o privati contrattino con unità non bene determinate (per es., candele, kilovoltampere, ampere, ecc.), e non in relazione con gli oneri del produttore, lasciando così adito a frodi o abusi? Un regime fiscale che stabilisse l'unità di misura dovrebbe naturalmente stabilire il controllo di tale misura, e poichè finora il fisco ci ha lasciato liberi, non tiriamoci addosso un malanno, ma procuriamo però noi tecnici di trovare modo che i terzi siano garentiti nei contratti di compravendita di energia elettrica.

Il malanno però che disposizioni legislative e regolamentari escludono pel momento, procurano di attirare addosso a noi illegalmente ed erroneamente gli uffici incaricati dell'applicazione della tassa. Nei primi tempi in cui la tassa è andata in vigore, il fisco si è tenuto suppergiù a dichiarazioni concordate, partendo sempre nel cómputo, come la legge voleva, dall'energia utilizzata dai consumatori nei contratti a contatori o *à forfait,* tanto per i Comuni superiori ai 10,000 abitanti, quanto per quelli inferiori a 10,000, consolidando solo per questi secondi la tassa in un canone, a tenore di legge, con un massimo

Digitized by Google

di L. 3 annue per una lampada di 10 candele *à forfait* (1), e non v'ha dubbio che in tal modo operando era veramente seguìto lo spirito della legge che volle espressamente tassare l'energia *utilizzata* dai consumatori (non *distribuita* come si leggeva nel progetto ministeriale opportunamente modificato dalla Camera), e limitare la tassazione per vendita *à forfait*, e come d'altra parte voleva il Ministro (2) che nella relazione che precede la legge dichiarava: « che volere accertare la tassa col mezzo di congegni da applicarsi in tutti gli opifici industriali darebbe luogo a spese ed inconvenienti che ne renderebbero poco meno che impossibile l'applicazione »: lo stesso Ministero, del resto, in esecuzione della legge, dichiarava in una nota al modulo impiegato per la dichiarazione mensile (Serie M^{bis}, modello n. 12, Gabelle), che per i contatori o misuratori si doveva attendersi alle letture, e per i *forfait* si doveva tassare l'energia elettrica risultante *dal totale mensile* delle somme dovute dagli abbonati (*aumentate* dagli eventuali agi o sconti di favore), *diviso per il prezzo unitario normale* per ettowattora, quale risulta dalla tariffa (3). E v'ha di più per dimostrare che non altrimenti poteva applicarsi la legge: la tassa è pagata dal fabbricante, ma con diritto di rivalsa dal consumatore, ed in certo qual modo il fabbricante funziona da esattore dello Stato; difatti per l'art. 35 del regolamento e seguenti, il fabbricante non è tenuto a pagare *nel mese* la tassa relativa ad un abbonato che egli non abbia potuto controllare e può inoltre richiedere il rimborso di tassa, già pagata, sul consumo di abbonato, che in seguito, a base di verifica, è risultato al fabbricante eccessivo, nè è escluso dal contesto della legge che il fabbricante stesso possa chiedere il rimborso delle quote inesigibili. Dal contesto degli articoli citati, e da tutta la legge, del resto, è chiaro che la tassa di cui il fabbricante si può rivalere presso ciascun consumatore deve essere quella stessa che il fabbricante paga allo Stato; nè altrimenti si esprimeva il Ministro nelle relazioni al progetto di legge, quando

(1) È bene notare che, ammesso un consumo di watt 3,3 per candela (il Fisco ne ammette uno superiore), la tassa corrisponderebbe ad un'accensione media di ore 1515; il che indirettamente può servire a dimostrare quale era nello spirito del legislatore l'accensione massima da porsi a calcolo per lampada *à forfait* in relazione alla tassa.

(2) Relazioni al progetto di legge: " Provvedimenti di finanza e di tesoro, " 1ª sezione 1898, Camera dei deputati, doc. n. 44, Camera dei senatori, doc. n. 77, pag. 28-42.

(3) Le parole in corsivo sono pure in corsivo nel modulo citato per richiamare meglio l'attenzione dei fabbricanti e degli agenti fiscali.

Digitized by Google

dichiarava esplicitamente che « ai fabbricanti che già accertano, liquidano e riscuotono a carico dei singoli consumatori il prezzo di vendita della materia illuminante, *in base all'effettivo o convenuto* consumo giornaliero o mensile riuscirà facile pure riscuotere sulle stesse basi la tassa governativa », e « d'altra parte (soggiungeva) i Comuni ed i privati forniranno pure, sempre quando occorra gli elementi di controllo con l'esibizione dei rispettivi contratti e bollette e quietanze di pagamento, e con questi elementi e con le indicazioni dei contatori o misuratori e dei registri già tenuti dai fabbricanti od imposti dal fisco, sarà facile controllare le dichiarazioni di produzione e di consumo fatte dai fabbricanti (art. 7 della legge e 38 del regolamento) ».

Da tali criteri però gli uffici tecnici si sono allontanati in seguito ad una decisione della Commissione centrale ed una circolare del direttore delle gabelle dell'11 marzo 1903, ed io vi leggo questa circolare perchè abbiate presente la gravità della decisione presa dal fisco e la forma, quasi direi evangelica, con cui è data la buona novella:

Per opportuna norma di codest'ufficio, nell'accertamento dell'energia tassabile nelle officine elettriche poste in Comuni di popolazione superiore ai 10,000 abitanti, comunico la decisione emessa il 21 febbraio u. s. dalla Commissione centrale per l'applicazione della tassa sul gas e sull'energia elettrica.

La decisione fu emessa in seguito a ricorso della Ditta Arthur Koppel, esercente l'officina elettrica per la illuminazione pubblica e privata della città di Lecce, ed è *mio intendimento che il medesimo metodo di accertamento sia seguìto da codesto ufficio per le officine che si trovano nelle condizioni* di quella di Lecce, affinchè non derivano sperequazioni di tassa(!) fra i diversi produttori di energia elettrica, e *la legge sia regolarmente applicata.*

Trattandosi di un'officina a corrente continua a tre fili, *la quale è provvista di un contatore generale di produzione*, la misura dell'energia presso i privati è fatta, *parte in base ai contatori*, e *parte con metodo induttivo, in base ai* forfait *e con contatori-orari.*

La Ditta sosteneva che la *denunzia* dei consumi dell'energia distribuita *ai privati doveva farsi in base alle letture mensili rilevate sui contatori e misuratori disposti presso i privati;* mentre l'ufficio tecnico di finanza riteneva che dovesse farsi in base alle *indicazioni del contatore principale di produzione applicato all'officina,* fatte le deduzioni di legge (?).

La Commissione centrale ha considerato: " che a termini dell'art. 2 della legge non vi è dubbio che la tassa debba pagarsi dal fabbricante sulla quantità di energia elettrica effettivamente utilizzata dai consumatori, salvo le eccezioni di cui all'art. 4 che non si verificano nella fattispecie.

" Che nelle condizioni speciali in cui si trova l'impianto di Lecce non è possibile rilevare dalle indicazioni dei contatori applicati presso i privati, (*e l'art. 34, e*)?) la quantità di energia che viene effettivamente utilizzata dai consumatori (!!!).

Digitized by Google

"Che pertanto è da ritenersi che il metodo di accertamento additato dall'ufficio tecnico di finanza sia più conforme al vero e corrispondente allo spirito di legge.(?)

"Ad unanimità di voti

DELIBERA:

"Che l'accertamento della tassa a carico della Ditta Arthur Koppel nella città di Lecce debba farsi *in base alle indicazioni del contatore principale di produzione applicato in officina,* colle deduzioni determinate dal Comitato peritale, sull'entità delle quali non intende la Commissione centrale pronunziarsi, non avendo in questa parte la Ditta (nè l'ufficio tecnico) impugnato specificatamente la decisione del Comitato medesimo.

Il Direttore generale
f. Busca.

Ora non è il caso di discutere qua se la decisione della Commissione è legale o no, tenuto conto che i poteri della Commissione risultano dall'art. 5 della legge che richiama la legge sugli spiriti (1), per la quale la Commissione *non* è autorizzata che a discutere del tanto quanto, ma non ad interpretare la legge stessa, ufficio che spetta al magistrato ordinario, nè è nemmeno il caso di farvi osservare che la erronea interpretazione mostra artificiosamente di volersi appoggiare su di un inciso del comma *d*) dell'art. 34 del regolamento della legge 8 agosto 1894 (2) che ha tutt'altro significato, e che riguarda

(1) Legge 30 gennaio 1896, n. 26, art. 33, comma *i*, e legge 22 marzo 1903 n. 152, art. 10, comma *f*; e regolamento 21 ottobre 1903, n. 419, articoli 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36. In Italia, del resto, ogni Commissione o ufficio tende ad eccedere nelle sue attribuzioni.

(2) Art. 34. La dichiarazione di consumo deve contenere le seguenti indicazione:

a) . . . . .

b) . . . . .

d) le quantità dei prodotto che, *dedotte le perdite per via dall'officina ai luoghi di consumo,* vennero nel mese distintamente consumate;

per illuminazione e riscaldamento dei privati;

per illuminazione municipale delle aree pubbliche;

per forza motrice;

per speciali usi industriali esenti da tassa;

e) il riparto dei prodotti, consumati per illuminazione e riscaldamento dei privati, nelle quantità:

accertate coi contatori o misuratori del consumo presso i consumatori;

desunte dai contratti stipulati o dai canoni pattuiti per abbonamenti *à forfait*.....

Digitized by Google

solo una modalità della dichiarazione, non l'energia tassabile a cui provvede il comma *e*) dello stesso articolo e che infine tale decisione annulla di fatto ogni diritto e misura di rivalsa verso l'utente.

A me basta farvi notare che l'interpretazione, legale o no, è errata in diritto e in fatto: in diritto risulta da quello che ho già detto, in fatto è più facile ancora dimostrare.

Lo stesso Ministro, abbiamo visto, aveva dimostrato assurdo tale metodo confutando nella sua relazione i progetti precedentemente fatti alla Camera. E difatti quanti e quali elementi e come vari di istante in istante concorrono ad individuare le perdite fra l'energia prodotta e l'energia utilizzata dai consumatori? Vi hanno perdite dovute a resistenze ohmiche e induttive, per capacità, per isolamento, accidentali; vi hanno errori di taratura, di contatori e d'istrumenti; vi hanno variazioni continue, intrinsiche ed estrinsiche, nei rendimenti degli apparecchi di produzione, di trasformazione, di accumulazione e di utilizzazione dell'energia elettrica; vi hanno dispersioni, doli, furti, ecc.; ognun di voi sa che il problema di dedurre in modo esatto a priori le perdite fra il prodotto ed il venduto è impossibile tecnicamente, e se pur fosse possibile richiederebbe negli uffici tecnici di finanza un tal corredo di cultura e d'istrumenti che è molto lontano dal possibile e dal prevedibile, tanto più che disgraziatamente le operazioni fiscali sono fatte apposta per attutire piuttosto che per acuire la cultura di detti uffici (1). Noterò solo che nella relazione, più volte citata, del Ministro al progetto di legge, erano calcolate le spese di esazione per lo Stato in L. 70,000 all'anno, ammettendo sufficienti sei visite all'anno per ciascun opificio, mentre lo stesso Ministro riconosceva che volendo porre a base della tassa la produzione, l'*Amministrazione dello Stato non avrebbe potuto fare a meno di tenere un impiegato sempre fermo in ciascun opificio.*

A me è capitato poco tempo fa di discutere in proposito con l'ingegnere capo di un ufficio tecnico di finanza del Regno, e nella discussione mi disse che per lui non esistevano lampade ad incandescenza che consumassero meno di watt 3.53-3.7 (2), e che d'altra

(1) In Germania con la legge citata, le norme del 1901 e le disposizioni per le misure, si sono istituiti dei veri uffici scientifici di controllo alla dipendenza del *Physikalisch-Technische Reichsanstalt.* (Vedi M. Bonghi, *La legge 7 giugno*, ecc., Napoli).

(2) La misura la faceva ponendo 10 lampade sulle sbarre omnibus del quadro, senza curarsi del voltaggio delle lampade, determinando con un vol-

Digitized by Google

parte nel suo manuale (gliene offersi uno nuovo in sostituzione!) non trovava altre perdite che le ohmiche, che lui determinava rilevando in un dato momento la differenza di potenziale alle lampade *più lontane non elettricamente, ma materialmente* dall'officina e paragonandola con quella delle sbarre omnibus del quadro (1). Con tali dati e con una media della produzione di officina rilevata *da uno o due diagrammi* fatti in *un dato mese* con apparecchi da lui ritenuti, senza discussione o verifica, campioni, voleva e vuole determinare l'energia tassabile per ogni mese ed in tutto l'anno, arrivando così non solo a fare stare accese le lampade private quasi tutta la notte (e si trattava d'un paese in montagna dove alle 22 non si vede più anima viva) ma per di più a determinare una energia consumata maggiore della prodotta!

Un altro ufficio tecnico ammetteva delle perdite d'isolamento in un impianto a più fili, ma calcolava la perdita col determinare l'isolamento medio della rete nel mese facendo la media degli isolamenti giornalieri e calcolando con una semplice divisione della differenza di potenziale fra i conduttori estremi e la terra per l'isolamento medio, una certa perdita di corrente a terra; questa perdita moltiplicata per la differenza di potenziale dell'impianto dava, secondo lui, la perdita d'isolamento!

Tutti gli uffici tecnici di finanza poi non ammettono errori di taratura, non ammettono che vi possano essere doli o furti a danno del fabbricante, arrivano fino a presumere furti sulle reti pubbliche separate da quelle dei privati e tassano questa energia ipoteticamente utilizzata da consumatori ignoti o ipotetici, rendendosi così quasi complici dei ladri stessi, se vi sono, dividendo l'utile del furto a danno del fabbricante (2): e non potendo far adottare i coefficienti di perdita erroneamente determinati, propongono in linea transattiva

---

timetro ed amperimetro il consumo, e dividendo per la somma delle candele date dal titolo delle lampade! Questo metodo l'ho riscontrato presso due altri uffici tecnici di finanza!

(1) Del resto un altro ufficio dichiarava che non si deve tener conto delle perdite a terra perchè facilmente *eliminabili,* e che d'altra parte non se ne deve tener conto perchè *non sono leggi naturali come l'effetto Joule!*

(2) Per quanto riguarda i furti gli uffici tecnici di finanza sono feroci ed arrivano a dire che il fabbricante può far pagare la tassa in più ai *forfait per cautela* contro i possibili furti, ottenendo forse, così dicono, che i ladri, per non pagare la tassa su quanto rubano, si denuncino l'un con l'altro! (Ricorso dell'Ufficio tecnico di Bari).

Digitized by Google

di arrotondarli più o meno, sostituendo così a criteri tecnici errati criteri addirittura arbitrari.

Non voglio nemmeno accennare ad altri assurdi che gli uffici tecnici di finanza sostengono certo in buona fede, qual'è quello, per esempio, di richiedere per lo stesso reclamo di massima, che per ragione di procedura si deve ripetere ogni mese, un nuovo deposito ogni mese (1). Non vale, d'altra parte, la pena di rimarcare le anomalie dei singoli uffici, perchè è certo che nel nostro paese, dove i regolamenti sono troppi, ogni ufficio non seguirà alcun regolamento e per suo conto ne avrà redatto uno proprio, applicando al caso, per esempio, i criteri della tassa del macinato a quelli di energia elettrica. Posso dirvi solo che la questione di cui tratto è dibattuta in più di 20 o 30 Comuni dell'Italia meridionale e che le Commissioni provinciali si vanno dichiarando, in generale, favorevoli alla mia tesi (2).

Io non credo che sia necessario che mi dilunghi più oltre su tale erronea applicazione della legge, che si badi è per di più unilaterale,

---

(1) Mi ricordo a tale proposito un aneddoto che mi raccontava l'on. Codronchi e vale la pena di ripeterlo: egli era in Sicilia come commissario, e trovando eccessiva una tassazione che poteva causare la sospensione di lavoro in una miniera con pericolo della sicurezza pubblica e danno al paese, ne discuteva con l'agente del Fisco; questo non voleva arrrendersi alle ragioni del Codronchi e questi, meravigliato, gli chiese di quale paese fosse: — Siciliano, Eccellenza- — Perdio, replica il Codronchi, in fatto di agenti fiscali l'Italia è veramente unitaria!

(2) Mi è giunta finora notizia di tre decisioni peritali di comitati provinciali: la prima, del 3 settembre 1904, per l'officina elettrica di Bagnara, nella Provincia di Reggio Calabria, ha dichiarato illegale il procedimento dell'Ufficio tecnico di finanza e l'ha richiamato alla esatta applicazione del comma *e*) dell'art. 34; la seconda, del 31 agosto 1904, per le officine di Terlizzi, Bitonto, Bisceglie, nella Provincia di Bari, che pur riconoscendo erroneo (non illegale!) il procedimento dell'Ufficio tecnico di finanza, non ordina l'applicazione pura e semplice del procedimento sanzionato dalla legge, ma un terzo procedimento basato su una determinazione della probabile accensione media annuale dei *forfait*, divisa *pro rata* nei diversi mesi, ammettendo un consumo unitario di 3 watt per candela: pendono reclami ad Alcamo (Provincia di Trapani) e a Napoli. L'aggravio della tassa varia dal 50 al 10 per cento. È bene notare che il Fisco segue qua lo stesso metodo che nella tassa di ricchezza mobile; incomincia ad esser mite, così il reclamo non ha ragione nè fondamento; e poi, via via, va aumentando finchè il reclamo prende base, ma allora la discussione è più facile per il Fisco perchè il principio è assodato e può dichiarare che la sua interpretazione è pacifica. Adottando per dippiù i criteri del Fisco, date le condizioni precipue delle diverse officine, varie a seconda delle diverse percentuali che esistono fra i diversi consumi tassabili o no (poichè le perdite mag-

Digitized by Google

perchè riguarda solo l'energia elettrica che sembra risvegliare l'entusiasmo nei neofiti del fisco, mentre per il gas essi continuano ad attenersi a quanto la legge prescrive. Voi tutti, spero, che sarete senz'altro concordi con me nel fare un voto al Governo perchè richiami gli uffici all'esatta interpretazione della legge come era voluta dal legislatore non turbando altrimenti l'industria elettrica ed il vostro consenso ed il vostro voto non dubito che riuscirà a far raggiungere l'intento comune. Il nostro presidente, che è autorevolissimo membro della Commissione centrale, potrà meglio di ogni altro sostenere anche in questa sede le nostre ragioni, vagliandole, s'intende, col suo largo senso scientifico e pratico e a lui possiamo con fiducia piena rimetterci in tutto.

Ed ecco senz'altro ora l'ordine del giorno che propongo alla vostra approvazione:

« Il Congresso, udita la circolare dell'11 marzo 1903 del direttore generale delle gabelle sull'applicazione della legge sulla tassa di energia elettrica, considerato che tale circolare è in contraddizione con l'esatta interpretazione della legge, e che data per di più l'incertezza della sua applicazione può essere di notevole aggravio all'industria elettrica, fa voti perchè il Governo revochi tale circolare, ed incarica il suo presidente di presentare tale voto al Ministro del Tesoro.

Dopo breve discussione, l'ordine del giorno è approvato all'unanimità.

---

giori indirette e le maggiori difficoltà per una determinazione, sia pure approssimata, indiretta della energia sono per la distribuzione di luce), sarebbe facile dove la distribuzione per forza motrice predomina, di accollare su questa distribuzione buona parte delle perdite della distribuzione luce, sperequando così più ancora la tassa fra officina e officina; ciò non può avvenire con l'esatta e coscienziosa aapplicazione della legge.

Digitized by Google

N. 31.

RICERCHE ED ESPERIENZE SUI TRASFORMATORI DI MISURA

COMUNICAZIONE

fatta dall' **Ing. D. NOBILI** *nella seduta del 22 ottobre 1904 all'Assemblea generale di Bologna.*

L'impiego sempre crescente dei trasformatori di misura dà una idea degli utili servigi che tali istrumenti hanno reso in pratica e spinge tutti i costruttori d'istrumenti di misura ad occuparsi sempre con maggior cura del problema.

Due principalmente sono le ragioni che consigliano l'uso dei trasformatori di misura; una va ricercata nell'impiego sempre più esteso di alte od altissime tensioni che, per ora almeno, accennano ad elevarsi sempre più; l'altra nel costo, e talvolta nelle difficoltà tecniche di costruzione, cui si va incontro quando si hanno da costruire od impiegare istrumenti di misura per grandissime intensità.

I trasformatori che si è condotti a costruire in pratica sono i trasformatori di tensione e quelli d'intensità, entrambi spesso con forti isolamenti.

Ecco ora come si presenta al costruttore il problema della costruzione dei trasformatori di misura.

Un primo tipo è il trasformatore riduttore semplice d'intensità o di tensione; esso, quando al secondario vi sia un determinato istrumento, deve dare una intensità o tensione secondaria tale che stia colla corrispondente grandezza elettrica primaria in un rapporto che non si allontani troppo da un valore fissato in precedenza, mentre la corrispondente grandezza stessa varia fra i valori estremi per i quali il trasformatore è studiato; se il rapporto di trasformazione non è necessario che sia costante dal valore massimo al valore minimo dell'intensità, o tensione primaria, è per altro necessario che non vari di tanto da obbligare ad impiegare uno strumento speciale per ogni trasformatore. Nel caso che consideriamo la taratura degli istrumenti deve esser fatta in comune coi rispettivi trasformatori; questo impedisce che istrumenti e trasformatori siano intercambiabili, ciò che in qualche caso può essere un serio inconveniente.

In compenso, unica preoccupazione di chi ha da costruire tali trasformatori è di renderli, insieme con i loro istrumenti, insensibili alle variazioni di temperatura dell'ambiente e alle variazioni di fre-

Digitized by Google

quenza e di forma della curva della grandezza elettrica da misurare che si possono verificare nella rete.

Volendo eliminare l'inconveniente sopraccennato della non intercambiabilità degli strumenti e dei trasformatori si è condotti a studiare un secondo tipo di trasformatori, i quali, oltre alle proprietà prima esaminate, presentino anche quella di ridurre l'intensità, o la tensione primaria, in un rapporto costante con la corrispondente grandezza secondaria, sempre ben inteso che al secondario s'impieghino istrumenti che non varino molto di resistenza e di induttanza; in questo caso trasformatori ed istrumenti possono essere tarati separatamente.

L'impiego di trasformatori con istrumenti funzionanti, non con una sola, ma con due correnti alternate (wattometri, contatori, ecc.) conduce allo studio di trasformatori, i quali, oltre a dare un rapporto costante tra la grandezza elettrica che agisce al primario e quella che si ha al secondario, ne conservino la fase; in generale non si può ottenere questo risultato che indirettamente, cioè provocando un ritardo di fase di un mezzo periodo esatto, ciò che equivale ad un semplice cambiamento di segno nella grandezza ed obbliga solo ad invertire una connessione rispetto alle connessioni che si dovrebbero fare se s'impiegassero direttamente le grandezze primarie.

A questi conviene di aggiungere i trasformatori speciali, quelli cioè per voltmetri compensati da sostituire ai voltmetri connessi a fili piloti, quelli per wattometri da impiegarsi su circuiti trifasi equilibrati che debbano dare uno spostamento di fase abbastanza grande, ed in ogni caso definito fra primario e secondario, ecc.

Visto così, in generale, come la questione si presenta, esaminiamo le soluzioni più convenienti in pratica.

Conviene dire anzitutto due parole sul metodo di studio; il metodo vettoriale in questo caso non si presta bene; per risolvere il problema in generale esso dovrebbe essere complicato con luoghi geometrici e curve ausiliarie non tanto facili da costruirsi, esso perderebbe la sua dote principale, la semplicità, senza dare la generalità del metodo analitico; è di questo che si è condotti a servirsi.

Il problema dei trasformatori trattato analiticamente conduce ad equazioni differenziali omogenee di primo o di secondo ordine con secondo membro costituito dalla somma di due funzioni trigonometriche del tempo, un coseno ed un seno, a coefficienti tutti costanti; l'integrazione di queste equazioni non presenta difficoltà, l'integrale generale si riduce ad una somma di due funzioni trigonometriche del tempo e di esponenziali pure funzioni del tempo; ma, notando

Digitized by Google

che gli esponenziali stanno a rappresentare le variazioni relative al periodo di assestamento del fenomeno e che in pratica divengono trascurabili, ed il fenomeno si fa sensibilmente periodico, si vede che conviene cercare solo l'integrale particolare che ci interessa, ed allora lo si ottiene per sostituzione diretta di funzioni trigonometriche alla funzione cercata e assoggettando i coefficienti delle medesime alla condizione che l'equazione sia sempre soddisfatta per qualunque valore di t; questo del resto non è altro se non la traduzione analitica delle operazioni sui vettori. Durante tutta la ricerca analitica si considererà trascurabile l'influenza della variazione di permeabilità del ferro sulla forma della curva e supporremo la curva sinusoidale, salvo poi a fare delle considerazioni riguardanti forme non sinusoidali, varranno insomma le solite approssimazioni ammesse nella trattazione di tutte le questioni di questo genere.

I risultati sono sufficienti per tutte le ordinarie applicazioni pratiche.

Indicheremo con $i_1, i_2 \ldots$ i valori istantanei delle correnti contrassegnati dall'indice del circuito nel quale circolano con $I_1, I_2 \ldots$ i rispettivi valori massimi.

Analogamente $v_1, v_2 \ldots$ ecc., indichino le tensioni istantanee applicate ai capi di un circuito; $V_1, V_2, \ldots$ i corrispondenti valori massimi $R_1, R_2, R_3, \ldots$ le resistenze ohmiche interne dei vari circuiti L_1, L_2, L_3, ecc., le induttanze interne dei vari circuiti $M_{12}, M_{13} \ldots M_{23}$, i coefficienti d'induzione mutano fra due circuiti contrassegnati dai due indici apposti $r_1, r_2, r_3 \ldots$ le resistenze esterne (strumenti, ecc.), $l_1, l_2, l_3 \ldots$ le induttanze esterne (strumenti, shunti, ecc.), ω il valore $\frac{2\pi}{T}$ essendo T la durata del periodo; $n_1, n_2, \ldots$ i numeri delle spire dei rispettivi avvolgimenti.

Il segno delle varie grandezze sarà riferito a quello della grandezza primaria presa per base allo studio; da questa si misureranno i ritardi φ, salvo sia altrimenti indicato.

Trasformatori amperometrici.

Primo tipo. — I trasformatori amperometrici del primo tipo debbono soddisfare alla condizione

$$\frac{I_2}{I_1} = k$$

dove k, come abbiamo visto, non deve variare troppo nè con I_1, nè con ω, nè colla temperatura ambiente.

Digitized by Google

Sia $$i_1 = I_1 \operatorname{sen} \omega t$$

la corrente primaria; la f. e. m. secondaria e_2 è

$$e_2 = - I_1 M_{12} \omega \cos \omega t$$

la corrente i_2 è data da:

$$i_2 = - I_2 \operatorname{sen} (\omega t + \varphi)$$

dove

$$I_2 = \frac{I_1 M_{12} \omega}{\sqrt{(R_2 + r_2)^2 + \omega^2 (L_2 + l_2)^2}} \qquad [1]$$

e φ è il nuovo angolo definito da: (1)

$$\operatorname{tang} \varphi = \frac{R_2 + r_2}{\omega (L_2 + l_2)} \qquad [2]$$

dall'espressione di I_2 si ricava:

$$k = \frac{M_{12} \omega}{\sqrt{(R_2 + r_2)^2 + \omega (L_2 + l_2)^2}} \qquad [3]$$

Nel caso che ci occupa basta rendere k indipendente dalle variazioni di ω e da quelle di R_2 ed r_2. Si vede subito che a questo si giunge impiccolendo il più possibile le resistenze ohmiche R_2 ed r_2.

L'espressione dell'errore percentuale su k dovuto alla variazione di temperatura ed a quello di frequenza sono:

$$\left(\frac{\delta k}{k}\right)_\omega = \frac{(R_2 + r_2)^2}{(R_2 + r_2)^2 + \omega^2 (L_2 + l_2)^2} \frac{\delta \omega}{\omega}$$

$$\left(\frac{\delta k}{k}\right)_\theta = - \frac{(R_2 + r_2)^2}{(R_2 + r_2)^2 + \omega^2 (L_2 + l_2)^2} \frac{\delta (R_2 + r_2)}{(R_2 + r_2)}$$

esse cioè sono molto minori dell'errore percentuale sulle due quantità $R_2 + r_2$ ed ω; col crescere dell'induttanza (interna od esterna al trasformatore) tendono sempre più a ridursi trascurabili; è quindi utile che il secondario abbia molti giri, ma la sua resistenza ohmica sia più piccola possibile; alle frequenze un po' elevate queste condizioni si raggiungono più facilmente.

In un trasformatore del tipo ordinario, cioè con nucleo di sezione 45 × 45 mm. di lunghezza, 50 cm. con 100 giri secondari di filo di rame di 3 mm. di diametro, avente la resistenza di 0.7 ohm:

(1) L'angolo di ritardo sarebbe $- (\pi - \varphi)$, ciò che equivale rispetto alla tangente a $+ \varphi$, ossia a considerare l'anticipo di fase φ.

Digitized by Google

impiegato a 50 periodi e chiuso su un istrumento di misura privo o quasi d'induttanza ed avente una resistenza ohmica di 0.03 ohm, si ha per valore dei coefficienti di $\frac{\delta\omega}{\omega}$ e di $\frac{\delta(R_2 + r_2)}{(R_2 + r_2)}$ nelle precedenti espressioni: 0,001290, cosicchè la variazione del 5-6 per cento nella frequenza e la variazione di 10° nella temperatura danno errori affatto trascurabili.

Lo stesso trasformatore accoppiato collo stesso strumento, ma impiegato a 15 periodi (ancora una frequenza industriale), darebbe per gli stessi coefficienti il valore di 0.0143, anche in questo caso, la variazione del 5-6 per cento nella frequenza non si fa praticamente sentire sul valore del rapporto.

È interessante notare che il valore di detti coefficienti non è altro se non il quadrato del seno dell'angolo φ che manca a giungere all'opposizione esatta fra corrente primaria e secondaria.

È utile notare fin d'ora che anche per questo primo tipo di trasformatore è bene che il secondario sia di resistenza ohmica molto bassa, poichè i coefficienti ora esaminati salirebbero di molto appena il valore delle resistenze ohmiche divenisse paragonabile a quello delle resistenze induttive; se così è il valore di k si avvicina a un valore limite K'

$$k' = \frac{M_{12}}{L_2 + l_2}$$

che, come era prevedibile, è indipendente dalla frequenza.

I valori di M_{12} e L_2 possono mettersi sotto la forma:

$$M_{12} = A\mu n_1 n_2 \qquad L_2 = B\mu n^2_2$$

da cui

$$k' = \frac{An_1 n_2 \mu}{B\mu n_2^2 + l_2}$$

In pratica i valori di A e B (1), quando i due avvolgimenti sono fatti sullo stesso nucleo, non sono molto diversi e se lo strumento che sta sul secondario non è eccezionalmente induttivo, il valore di k' e quindi di k si discosta poco da $\frac{n_1}{n_2}$; ad ogni modo, per i tipi di trasformatore che è necessario costruire, se si vogliono evitare gli inconvenienti sopraccennati, il valore è sufficiente per una prima

(1) Se non vi sono fughe interne $A = B = \mu \frac{S}{L}$ dove S è la sezione e L la lunghezza del nucleo.

Digitized by Google

approssimazione, poichè le differenze tra esso ed il valore che risulta da una misura si riducono a poche unità per cento; il valore $\frac{n_1}{n_2}$ sarebbe il valore limite sopra un circuito secondario senza resistenza, senza induttanza e senza perdite nel ferro del trasformatore.

Si noti ora che, dato che le condizioni prima esposte siano soddisfatte, si avrà

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2} + \varepsilon$$

ossia

$$I_2 n_2 = I_1 n_1 + \varepsilon I_1$$

ossia gli ampères-giri primari e secondari differiranno di pochissimo fra loro; ma la formola [2] ci fa vedere che se le condizioni poste prima sono soddifatte, φ è molto vicino a O, ossia la corrente primaria e quella secondaria sono prossime all'opposizione, gli ampères-giri risultanti avendo per componenti due grandezze pressochè eguali e pressochè opposte avranno un valore piccolissimo; cioè il nucleo sarà debolmente magnetizzato; questo, se da un lato fa sì che la permeabilità del ferro viene poco utilizzata (si ha μ circa uguale a 150 — 200), dall'altro riduce di molto le perdite nel ferro stesso, anzi permette di fare a meno della laminazione, e fa sì che i nuclei possono farsi in ghisa o di acciai fusi. Vedremo più innanzi che tale disposizione non solo non è dannosa, ma riesce assai utile.

Colla scorta di queste conclusioni analitiche la Ditta Olivetti & C. ha costruito trasformatori amperometrici di misura a nucleo di ghisa. I primi modelli, oltre al confermare le deduzioni teoriche, si dimostrarono subito adattati alle applicazioni pratiche; non si ebbero mai temperature maggiori di 15° al disopra della temperatura ambiente, quando il circuito secondario del trasformatore restava chiuso; se questo veniva aperto, cosa che in pratica non può succedere che per accidente, la temperatura non saliva a più di 25° sopra alla temperatura ambiente.

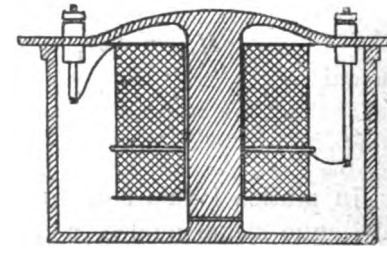
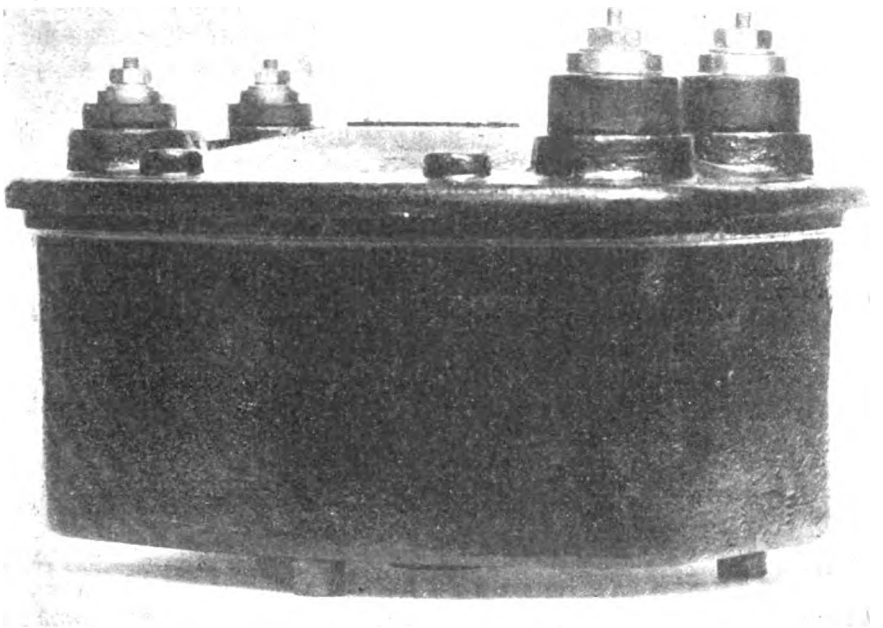


Fig. 1.

Nel costruire trasformatori di questo tipo si raggiunge subito una discreta economia su quelli a nucleo laminato; le dimensioni risultano meno ingombranti, la forma più compatta. Gli schizzi e le fotografie che seguono mostrano i trasformatori di questo tipo costruiti dalla Ditta Olivetti.

Digitized by Google



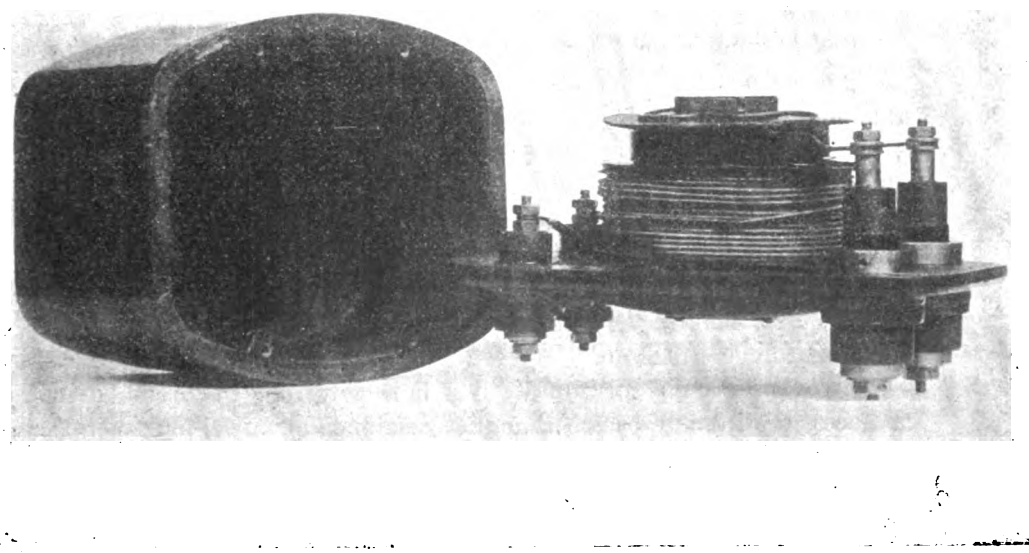


Figure 2 e 3.

Digitized by Google

Secondo tipo. — È stato già accennato alla necessità di costruire talvolta dei trasformatori che impiegati con istrumenti presso a poco uguali fra loro di resistenza e d'induttanza diano sempre lo stesso rapporto fra corrente primaria e corrente secondaria, cioè che l'istrumento di misura possa essere graduato indipendentemente dal trasformatore e istrumenti e trasformatori risultino intercambiabili.

Per giungere a questo risultato è necessario che nell'espressione di $k = \frac{I_2}{I_1}$ le quantità dipendenti da I_1 abbiano la minima influenza possibile; k risulterà allora costante rispetto ad I_1 ed il trasformatore sarà proporzionale.

Sostituendo nella (3) a M_{12} e L_2 i loro valori in funzione di n_1, n_2 e μ si ha:

$$k = \frac{A\mu n_1 n_2}{\sqrt{(R_2 + r_2)^2 + \omega^2 (B\mu n^2_2 + l_2)^2}} \qquad [4]$$

Per rendere k il più possibile indipendente dai valori di μ basterebbe che fossero trascurabili rispetto agli altri termini R_2, r_2, l_2; in tal caso k sarebbe del tutto indipendente da μ; le condizioni sono simili a quelle trovate prima; si ha in più l'altra che l_2 deve anche essere trascurabile; per altro, circa il valore di l_2 è da notare che se l'istrumento contiene del ferro in condizioni tali da essere sottoposto a forze magnetizzanti non molto diverse da quelle che sollecitano il nucleo del trasformatore, allora anche l_2 potrebbe essere assai grande senza inconvenienti: questo caso è un po' raro, di solito il ferro degl'istrumenti è assai più fortemente magnetizzato di quello del nucleo.

Riesce utile, come è evidente, di rendere le variazioni di μ le più piccole possibili; nei trasformatori amperometrici occorre avere una forte estensione di scala, riesce difficile se non impossibile fare agire il trasformatore in prossimità del massimo di μ dove appunto sono meno sensibili le variazioni di μ col variare di k, non resta altra soluzione se non quella di far variare μ fra limiti molto ristretti e siccome il limite inferiore di I_1 e quindi di H nel nucleo è per necessità 0, ne consegue che H nel nucleo dovrà variare da 0 ad un valore molto basso, mentre I_1 varia da 0 al valore massimo pel quale il trasformatore è calcolato.

Ritroviamo anche per questa via la conclusione già vista, cioè la necessità di tenere bassa la magnetizzazione dei nuclei dei trasformatori amperometrici.

Questo, abbiamo visto, si ottiene già quando si tengano basse la resistenza ohmica secondaria interna ed esterna e bassa l'induttanza

Digitized by Google

esterna sul secondario; la (4) ci dice poi che il crescere di n_2 avvicina a questa condizione, a patto però che R_2 non cresca con la stessa proporzione; vale a dire che aumentando il numero dei giri secondari, non si assottigli il filo col quale il secondario è avvolto.

È evidente che l'accrescere il numero dei giri secondari scema il valore di k, e se esso è fissato in precedenza, converrà crescere di pari passo anche il numero dei giri del primario.

Il valore di μ per valori molto bassi di H è assai basso, rispetto al μ_{max}: ma è ancora abbastanza elevato (150 ÷ 200) da non dare a temere per forti fughe di flusso o influenze di campi esterni.

È utile notare come non convengano materiali che abbiano una curva di permeabilità molto raddrizzata (ferro, acciaio) ma quelli dove la μ non varia tanto rapidamente presso il valore 0 di H, sono cioè preferibili le ghise. Nei tipi eseguiti dalla Ditta Olivetti e C. i nuclei sono di ghisa che oltre a tanti vantaggi presenta anche quello ora esposto. Potrebbe credersi che se per accidente il trasformatore venisse a trovarsi col circuito secondario aperto si abbia subito ad avere nel nucleo un valore molto elevato nell'induzione, questo effettivamente accade nei nuclei laminati dove le perdite per correnti parassite, e specialmente per isteresi, salgono rapidamente; nei nuclei pieni l'azione smagnetizzante delle correnti parassite impedisce alla induzione di elevarsi di molto; le perdite per correnti parassite crescono, ma non in grande misura; quelle per isteresi crescono pochissimo; la temperatura del nucleo aumenta di poco. In varie esperienze fatte non si ebbero, anche col circuito secondario aperto, mai elevazioni di temperatura superiori ai 25° sulla temperatura ambiente, mentre il trasformatore era sottoposto al massimo di corrente pel quale era calcolato.

Terzo tipo. — Abbiamo già notato che tutte le volte che si ha da far funzionare un apparecchio col mezzo di due differenti correnti alternate è quasi sempre necessario dare alle grandezze secondarie una fase che sia in ritardo sulle corrispondenti grandezze primarie di π oppure un'altra fase ben definita. Prima di esaminare questo problema è utile rendersi conto dell'importanza che possono avere gli errori di fase; l'opposizione perfetta delle grandezze primarie e delle secondarie corrisponderebbe ad un angolo di fase $-\pi$, indichiamo con $\delta\varphi$ l'angolo che la grandezza secondaria fa con la direzione opposta alla grandezza primaria: il ritardo di fase sarà: $-\pi + \delta\varphi$ se non si è riusciti a raggiungere l'opposizione, $-\pi - \delta\varphi$ se la si è oltrepassata.

Digitized by Google

Orbene, se $\delta\varphi$ è pochi gradi l'errore relativo sul prodotto medio delle due grandezze (la potenza, per esempio) è dato con grande approssimazione

$$\frac{\delta w}{w} = \text{tang.}\,\varphi \,.\, \delta\varphi$$

dove a φ si attribuisce il segno + o — secondo che si ha avanzo o ritardo, e a $\delta\varphi$ secondo che non si è raggiunta o si è oltrepassata l'opposizione; in questa espressione $\delta\varphi$ dev'essere misurato in lunghezza d'arco, non in gradi.

Si vede subito che per grandi angoli di fase si hanno degli errori percentuali fortissimi anche con piccoli errori di fase. Questa formula vale anche pel caso della misura di potenza trifase col metodo dei dùe wattometri, purchè il sistema sia equilibrato e l'errore di fase dei due trasformatori sia uguale (1).

È interessante notare che per $\cos\varphi = 0.7\ldots$ che corrisponde circa a $\varphi = 45°$; $\text{tang}\,\varphi = 1$, $\delta\varphi$ dà direttamente l'errore percentuale nella misura.

Ammettendo di non voler superare l'1 per cento nell'errore, e ritenendo che industrialmente non si abbiano mai dei coseni φ minori di 0.65 si vede che il $\delta\varphi$, per ottenere tale risultato, dev'essere minore di 22′; apparisce subito da questa cifra l'importanza della conservazione della fase nei trasformatori per wattometri e contatori e per istrumenti analoghi.

Si è già visto che in un trasformatore d'intensità si ha:

$$\text{tang}\,\varphi = \frac{R_2 + r_2}{\omega\,(L_2 + l_2)} \qquad [2]$$

questa formola ci dice che l'angolo di ritardo di fase può oscillare in valore assoluto fra $\frac{\pi}{2}$ corrispondente al circuito secondario aperto e 2π e quest'ultimo è il caso corrispondente a $\delta\varphi = 0$ ed è quello che in pratica nel caso che ci occupa, si tratta più spesso di otte-

(1) Nel caso di circuito trifase e di misura eseguita con due wattometri si ha; se il circuito è equilibrato $w = \text{VI}\left\{\cos\left(\frac{2\pi}{3} + \varphi\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{3} - \varphi\right)\right\}$ e se l'errore su φ è lo stesso pei due trasformatori

$$\frac{\delta w}{w} = \frac{-\,\text{sen}\left(\frac{2\pi}{3} + \varphi\right) - \text{sen}\left(\frac{2\pi}{3} - \varphi\right)}{\cos\left(\frac{2\pi}{3} + \varphi\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{3} - \varphi\right)}\,\delta\varphi = -\,\text{tang}\,\varphi\,\delta\varphi$$

Digitized by Google

nere; per altro, mentre a circuito aperto si ottiene realmente il limite inferiore, non si può raggiungere mai rigorosamente il limite superiore, esso esigerebbe un circuito di resistenza nulla oppure una frequenza o un'induttanza secondaria infinita; per altro si può, senza troppa difficoltà, costruire trasformatori che presentino una differenza di un $\delta\varphi$ trascurabile per la pratica industriale.

Si è già fatto precedentemente notare che il coefficiente che moltiplica $\frac{\delta\omega}{\omega}$ e $\frac{\delta(R_2 + r_2)}{R_2 + r_2}$ nell'espressione di $\frac{\delta k}{k}$ è appunto uguale al seno quadrato dell'angolo di errore; segue subito da questo che un trasformatore ben studiato riguardo alla costanza del rapporto non si comporterà male nemmeno per la fase, e più si migliorerà per la costanza del rapporto, meglio andrà per la fase; tuttavia, comparendo nel primo caso il seno quadrato, e interessando invece a noi l'angolo, e quindi il seno, può darsi che un trasformatore che si trova già in buone condizioni per la costanza del rapporto dia un angolo di errore nella fase, non ammissibile nemmeno industrialmente. Il trasformatore che abbiamo già esaminato nelle condizioni esposte precedentemente, avrebbe, per una frequenza di 50 periodi, sen $\varphi = 0{,}0359$ e per una frequenza di 15, sen $\varphi = 0{,}119$ ai quali corrisponderebbero rispettivamente $\varphi = 2°\,3'$ e $\varphi = 6°\,51'$.

Questo trasformatore se viene impiegato con un wattometro esso, per un $\cos\varphi = 0.65$ condurrebbe nei due casi rispettivamente ad un errore del 4.2 per cento e del 13.6 per cento entrambi inamissibili industrialmente.

Studiando dunque un trasformatore amperometrico per wattometri o per contatori si è condotti a farlo dello stesso genere degli amperometri del secondo tipo, ma calcolando più abbondantemente nel circuito secondario, cioè si è condotti a crescere i giri secondari e il diametro del filo secondario, o almeno a non scemarli, poichè L_2 crescendo col quadrato di n_2 ed R_2 crescendo con n_2 si ha ancora vantaggio da un semplice aumento di giri. L'induttanza che eventualmente può presentare il circuito amperometrico del wattometro o del contatore, giova ad avvicinarsi all'opposizione completa, nuoce invece la sua resistenza ohmica; in ogni modo l'opposizione è un limite al quale si può accostarsi, ma che è impossibile di raggiungere. Se l'istrumento posto al secondario, per qualche ragione di costruzione (se ne vedranno degli esempi più avanti) possedesse un angolo proprio di avanzo di fase sarebbe impossibile compensarlo.

Esaminiamo ora come si può rimediare a questo inconveniente.

Digitized by Google

Nel trattare il problema del trasformatore d'intensità abbiamo trascurato l'esame delle perdite nel ferro dovute all'isteresi e alle correnti di Foucault. I risultati fin qui ottenuti non cambiano di molto, poichè con nuclei lamellati e con le basse induzioni impiegate le perdite sono assi piccole; ma la cosa può cambiar di molto quando s'impieghino nuclei pieni.

Indichiamo con e la forza elettromotrice generata in una spira dal flusso esistente nel nucleo, e con φ_1 e φ_2 gli angoli di fase di questa forza con I_1 e I_2 rispettivamente, le potenze emessa dal primario e raccolta dal secondario, escludendo quindi da w_1 la potenza consumata per effetto Joule nel primario, e comprendendo in w_2 quella consumata nel secondario, tenendo conto del segno delle due potenze sarà

$$\frac{w}{w_1} = -(1-\alpha) \qquad [5]$$

w_1, rappresenta la frazione della potenza totale che è consumata nel ferro e nel rame del secondario; trascurando le fughe di flusso tra i due avvolgimenti si ha anche che

$$w_1 = e n_1 I_1 \cos\varphi_1$$
$$w_2 = e n_2 I_2 \cos\varphi_2$$

sostituendo nella [5] si ha:

$$\frac{n_2 I_2}{n_1 I_1} = -\frac{\cos\varphi_1}{\cos\varphi_2}(1-\alpha) \qquad [6]$$

Abbiamo visto da tutte le considerazioni precedenti che si ha

$$\frac{I}{I_1} \leq \frac{n}{n}$$

da cui

$$\frac{I_2 n_2}{I_1 n_1} \leq 1$$

ossia

$$\frac{I_2 n_2}{I_1 n_1} = 1-\beta \qquad [7]$$

essendo β una quantità minore di 1 e assai piccola in generale.

La [6] e la [7] danno:

$$\cos\varphi_2 = -\cos\varphi_1 \frac{1-\alpha}{1-\beta}$$

Digitized by Google

Se I_1 e I_2 sono in opposizione completa, φ_1 e φ_2 sono supplementari. Per ottener ciò basta che la frazione $\frac{1-\alpha}{1-\beta}$ sia uguale ad 1.

β non potendo essere 0, se α fosse 0 si avrebbe un errore di fase che non si potrebbe far scomparire.

Come già si è visto, esistendo delle perdite nel ferro, si può rendere esattamente fasata la corrente secondaria rispetto alla primaria, o anche farle oltrepassare l'opposizione esatta, ciò che può riuscir utile quando, per esempio, l'istrumento abbia un errore di fase proprio.

Si vede quindi subito l'utilità che può presentare il nucleo pieno, o sezionato solo con pochi tagli lontani fra loro. Si ha in questa disposizione un buon mezzo per regolare la fase del secondario; evidentemente qualunque specie di perdita che s'introduca artificialmente nel trasformatore produce lo stesso effetto.

Agiscono così una o più spire in corto circuito avvolte sul nucleo, uno shunt messo sul circuito secondario esterno od interno.

Il caso del shunt esterno non ha nulla di eccezionale quando la resistenza del circuito esterno è completamente ohmica, ma diventa molto interessante quando essa è induttiva, poichè porge un mezzo efficace e semplice per rendere fasata, rispetto alla primaria, la corrente secondaria del trasformatore.

Per rendersi conto del modo di azione del shunt nel caso particolare di un circuito esterno secondario induttivo, ricorriamo al diagramma polare.

Nella fig. 4 sono indicate le posizioni relative di I_1, I_2 ed e_2 quando non vi è il shunt.

Se si pone un shunt non induttivo ai morsetti del secondario alla I_2 corrispondono nel circuito esterno due correnti, I_w I_s, componenti di I_2 e che comprendono I_2 stesso, esse fanno fra loro un angolo invariabile qualunque sia la resistenza del shunt; tale angolo a frequenza costante, dipende dalla costante di tempo $\frac{l}{r}$ del circuito esterno; I_w si sarebbe accostato all'opposizione se il shunt non avesse prodotto alcun cambiamento nella fase di I_2; ma così non è; la nuova posizione di I_2 dipende dai valori delle induttanze e resistenze interne ed esterne.

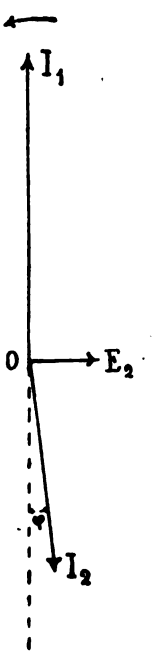


Fig. 4.

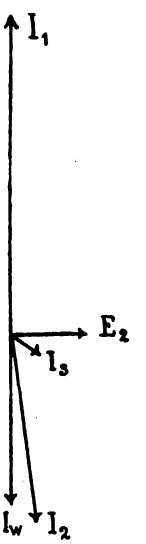


Fig. 5.

Digitized by Google

Tuttavia esistono condizioni nelle quali la componente I_s che traversa l'istrumento di misura può giungere all'opposizione esatta od anche oltrepassarla.

Il shunt può essere messo ai capi del secondario (shunt esterno) od anche solo su una parte di esso (shunt interno) ed in questo caso ridursi ad avere resistenza 0; il trasformatore ha allora una o più spire in corto circuito.

Per lo studio analitico della questione è più conveniente trattare il caso generale; da esso si dedurranno come casi particolari gli altri due: cioè quello del shunt esterno, e quello di una o più spire in corto circuito.

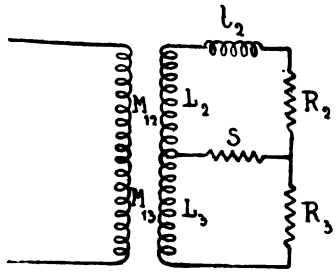


Fig. 6.

Contrassegneremo con indice 2 tutte le grandezze relative al circuito dell'istrumento e con indice 3 quelle della porzione del secondario che non fa direttamente parte del circuito; con S la resistenza del shunt; e con i_s la corrente che lo traversa.

Le equazioni che definiscono il funzionamento del trasformatore sono:

$$\left.\begin{aligned} L_3\frac{di_3}{dt}+M_{23}\frac{di_2}{dt}+(R_3+S)\,i_3-Si_2 &= -I_1\omega M_{13}\cos\omega t \\ M_{23}\frac{di_3}{dt}+L_2\frac{di_2}{dt}+(R_2+S)\,i_2-Si_3 &= -I_1\omega M_{12}\cos\omega t \end{aligned}\right\} \quad [8]$$

eliminando fra queste i_3 e le sue derivate si ha:

$$\frac{d^2i_2}{dt^2}+\frac{(R_3+S)L_2+(R_2+S)L_3+2M_{23}S}{L_2L_3-M^2_{23}}\frac{di_2}{dt}+\frac{R_2R_3+S(R_2+R_3)}{L_2L_3-M^2_{23}}i_2=$$
$$=\frac{I_1}{L_2L_3-M^2_{23}}\Big[(L_3M_{12}-M_{13}M_{23})\omega^2\operatorname{sen}\omega t-$$
$$-\{SM_{13}+(R_3+S)M_{12}\}\omega\cos\omega t\Big] \quad [9]$$

Questa equazione è della forma:

$$\frac{d^2i_2}{dt^2}+P\frac{di_2}{dt}+Qi_2=a\operatorname{sen}\omega t+b\cos\omega t \qquad [9^{bis}]$$

La ricerca del suo integrale generale non presenta difficoltà, esso è costituito dalla somma di due funzioni trigonometriche, analoghe alle precedenti, e di due esponenziali che nel caso nostro sono sempre reali e negativi. Esse rappresentano le variazioni all'inizio del feno-

Digitized by Google

meno e divengono presto trascurabili; quindi a noi interessa l'integrale particolare nel quale le funzioni esponenziali sono già scomparse, ed il fenomeno è diventato periodico.

Esso ha la forma generale:

$$i_2 = X \operatorname{sen} \omega t + Y \cos \omega t$$

e può essere ottenuto per sostituzione diretta; ma è inutile ricercare l'equazione, basterà cercare il valor massimo della funzione e la fase di essa, cioè:

$$I_2^2 = X^2 + Y^2 \quad \text{e} \quad \operatorname{tang} \varphi = \frac{Y}{X}$$

eseguendo la sostituzione si ricavano i valori:

$$X = \frac{(Q - \omega^2)a + P\omega b}{(Q - \omega^2)^2 + P^2\omega^2} \qquad Y = \frac{(Q - \omega^2)b - P\omega a}{(Q - \omega^2)^2 + P^2\omega^2}$$

da cui:

$$\left.\begin{aligned} k^2 &= \frac{I_2^2}{I_1^2} = \frac{a^2 + b^2}{(Q - \omega^2)^2 + P^2\omega^2} \\ \operatorname{tang} \varphi &= \frac{(Q - \omega^2)b - P\omega a}{(Q - \omega^2)a + P\omega b} \end{aligned}\right\} \quad [10]$$

dove φ indica il solito angolo che manca a che I_2 corrisponda esattamente all'opposizione di fase rispetto ad I_1, ossia quando l'angolo di fase di I_2 è $-(\pi - \varphi)$; se si oltrepassa l'opposizione si ha $-(\pi + \varphi)$ e allora φ deve essere contato negativamente.

Qualunque delle soluzioni particolari del problema che si adotti, si può notare che quando il trasformatore è fasato, cioè quando tang $\varphi = 0$ si ha:

$$\left.\begin{aligned} \frac{Q - \omega^2}{P\omega} &= \frac{a}{b} \\ k^2 &= \frac{b^2}{P^2\omega^2} \end{aligned}\right\} \quad [11]$$

Ora, siccome b è funzione lineare di ω, e P è indipendente da ω, se ne deduce che k, pel valore particolare della frequenza che rende fasato il trasformatore, diviene indipendente dalla frequenza stessa. Segue da ciò che una volta stabilite le varie grandezze dei circuiti 2 e 3 in modo da ottenere, per una certa frequenza scelta, l'opposizione di fase, se in base a questi valori si vuol vedere come varia k allontanandosi dalla frequenza di funzionamento, si trova che il punto di minima sensibilità alle variazioni di frequenza anzichè prodursi per il valore

Digitized by Google

limite $R_2 + r_2 = 0$, come si à visto pel trasformatore semplice, si produce per valori finiti delle induttanze e delle resistenze dei due circuiti indotti (2 e 3) e precisamente per quelli corrispondenti all'esatta opposizione di fase. È quindi utile di fasare anche i trasformatori amperometrici, specialmente alle basse frequenze quando sia richiesta una maggiore indipendenza dalla frequenza e non sia opportuno calcolarli così largamente da renderli praticamente indipendenti dal valore della frequenza qualunque esso sia purchè superiore a quello di funzionamento.

Esaminiamo ora il caso particolare del shunt esterno. Basterà fare per ciò uguali a zero M_{12}, M_{23}; si ha allora:

$$\left.\begin{array}{ll} a = 0 & P = \dfrac{(R_3 + S) L_2 + (R_2 + S) L_3}{L_2 L_3} \\ & Q = \dfrac{R_2 R_3 + S(R_2 + R_3)}{L_2 L_3} \end{array}\right\} \quad [12]$$

e la condizione per l'opposizione di fase diviene

$$Q = \omega^2$$

ossia:

$$k = -\frac{S M_{13} \omega}{L_2 L_3 \sqrt{(Q - \omega^2)^2 + P^2 \omega^2}} \quad [13]$$

e

$$\text{tang } \varphi = \frac{Q - \omega^2}{P \omega}$$

da quest'ultima si ricava la resistenza del shunt

$$S = \frac{\omega^2 L_2 L_3 - R_2 R_3}{R_2 + R_3} \quad [14]$$

dove L_2 ed R_2 rappresentano le grandezze che prima avevano indicato con r_2 e l_2, cioè l'induttanza e la resistenza dell'istrumento.

Dalla [14] apparisce immediatamente che il problema è solo possibile quando:

$$\frac{R_2}{L_2} \quad \frac{R_3}{L_3} < \omega^2 \quad [15]$$

Segue subito di qui, come già sapevamo, che è impossibile rendere fasato un trasformatore con secondario esterno interamente sprovvisto di induttanza con l'uso di un shunt esterno.

La formola dice pure che, supposto induttivo il secondario, esiste per ogni singolo caso una frequenza al disotto della quale il trasformatore non può essere fasato con shunt esterno.

Digitized by Google

Se il trasformatore precedentemente considerato venisse impiegato con uno strumento avente una resistenza ohmica $r_2 = 0.063$ ohm; ed una induttanza $l_2 = 0.00026$ henry (dati ammissibili negli ordinari wattometri), per ottenere l'opposizione di fase tra I_1 e I_2 il shunt risulterebbe, a 50 periodi, di ohm 1.67; a 15 periodi soltanto ohm 0.12, mentre la frequenza limite sarebbe di 7 circa.

Se il primo shunt è già di resistenza un po' troppo bassa, quello corrispondente a 15 periodi è inammissibile; metà della corrente passerebbe nel shunt.

È consigliabile sempre, quando altre ragioni non suggeriscano di fare altrimenti, di tenere alti i due valori di L_2 ed l_2, e di ripartirli in egual misura sul circuito interno ed esterno, sempre quando il fare l'induttanza esterna un po' grande non abbia da nuocere alla proporzionalità.

Il shunt al secondario del trasformatore presenta un leggero inconveniente; se accidentalmente si apre il circuito secondario, il flusso nel nucleo e quindi la f. e. m. secondaria salgono assai, il shunt si scalda molto e può anche bruciare; tutte le volte che si può si metterà il shunt all'apparecchio e non al trasformatore in modo che aprendosi il circuito il shunt ne resti escluso.

Nel costruire trasformatori del secondo tipo si può valersi del shunt per dare al rapporto un valore definito che non fosse stato rigorosamente raggiunto nella costruzione, ma in tal caso il shunt dovrà essere connesso al trasformatore.

L'effetto della temperatura sull'azione del shunt è quasi trascurabile; il valore del rapporto non ne è sensibilmente influenzato.

Se anche il shunt fosse di rame, l'influenza sarebbe quasi praticamente nulla, supposto che tutte le parti del circuito avessero la stessa temperatura. Se il shunt è di lega a resistività quasi invariabile l'errore tende ad annullarsi con lo scemare le resistenze ohmiche R_2 e r_2; in ogni caso è praticamente trascurabile.

L'azione della temperatura sulla fase si potrebbe determinare facilmente, ma non offre nulla di praticamente interessante. Basterà notare che essa conduce a conclusioni, rispetto alla costruzione del trasformatore affatto analoghe a quelle precedentemente esposte rispetto ai valori delle resistenze e delle induttanze.

Nel trasformatore, più volte citato, impiegato nelle condizioni prima esposte con shunt di lega a resistività costante, 30° di variazione nella temperatura introdurrebbero un errore di fase di $\delta\varphi = 38'$ corrispondente ad un errore dell'1 per cento circa, con $\cos\varphi = 0.7$.

Digitized by Google

Più interessante riesce lo studio dell'influenza della variazione di frequenza sul valore del rapporto e della fase. Le variazioni percentuali del rapporto si deducono subito dall'espressione generale di k; prendendo come al solito i differenziali logaritmici si ha:

$$\frac{\delta k}{k} = \left(1 - \frac{P^2\omega^2 - 2\omega^2(Q-\omega^2)}{(Q-\omega^2)^2 + P^2\omega^2}\right)\frac{\delta\omega}{\omega} \qquad [16]$$

dove P e Q hanno i significati indicati nelle equazioni [9] e [9bis].

Questa mostra che quando la frequenza è prossima al valore pel quale è stata determinata la resistenza S risultante appunto dalla equazione $Q = \omega^2$ il coefficiente di $\frac{\delta\omega}{\omega}$ è praticamente nullo; ossia il minimo di sensibilità alla variazione di frequenza, anzichè riscontrarsi, come nei trasformatori del primo e secondo tipo, al limite irraggiungibile della resistenza secondaria uguale a 0, corrisponde a valori finiti di tutte le resistenze e di tutte le induttanze e per di più si verifica nelle vicinanze della frequenza di funzionamento.

La sensibilità alla variazione di frequenza resta diminuita assai, tanto che potrebbe essere conveniente di applicare questo metodo ai trasformatori del secondo tipo.

Si può rendersi conto di tale fatto notando che un accrescimento di frequenza tende ad aumentare la corrente totale secondaria, ma la resistenza delle due derivazioni varia di rapporto; il ramo induttivo (istrumento) cresce di resistenza e così vi è compensazione quasi perfetta presso la frequenza di funzionamento e approssimata per le frequenze vicine; le correnti a frequenze superiori si addensano nel shunt.

La variazione di fase dovuta alla variazione di frequenza si può ricavare dalla [11].

Con lo stesso metodo impiegato precedentemente si aggiunge alla seguente espressione approssimata dell'errore $\delta\varphi$ (tanto più esatta, quanto più siamo vicini alla frequenza prescelta pel funzionamento):

$$\delta\varphi = \frac{-2\omega L_2 l_2 (r_2 + R_2)}{\omega^2(L^2_2 l_2 + l^2_2 L_2) + l_2 R^2_2 + r^2_2 L_2}\frac{\delta\omega}{\omega} \qquad [17]$$

Vi è una frequenza per la quale l'errore è massimo; ma essa è sempre una frequenza che è molto lontana da quella che conviene ai dati di un determinato trasformatore bene studiato.

Nel caso più volte considerato la frequeza peggiore sarebbe circa 4 (inferiore alla frequenza limite) mentre a 50 periodi la variazione del 10 per cento nella frequenza introdurrebbe un errore di fase:

$$\delta\varphi = 31'.$$

Digitized by Google

Se si esaminasse l'influenza della variazione della permeabilità sulla fase, si troverebbero conclusioni analoghe.

Esaminiamo ora il caso del shunt interno, in questo caso può accadere che fra le due parti nelle quali risulta diviso il circuito dai punti di attacco del shunt stesso, vi sieno delle fughe di flusso, e che queste due parti abbiano fughe di flusso differenti rispetto al primario.

In realtà sarà sempre così, ma tali fughe e tali differenze saranno quasi sempre trascurabili. In pratica potremo ammettere che si abbia, indicando con C l'induttanza e l'induzione mutua per giro del secondario:

$$L_3 = Cn^2_3; \; M_{12} = Cn_1 n_2; \; M_{13} = Cn_1 n_3; \; M_{23} = Cn_2 n_3$$

segue da ciò che $a = 0$ e siccome b non può essere 0, si ha che la condizione di opposizione è data da

$$Q = \omega^2$$

da cui, sostituendo il valore di Q, si ha il valore del shunt:

$$S = \frac{\omega^2 (L_2 L_3 - M^2_{23}) - R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

che differisce da quella del shunt esterno solo nel numeratore, poichè il denominatore variabile nei termini è nell'insieme costante; se il circuito esterno non fosse induttivo, il primo termine del numeratore sarebbe 0, il trasformatore non sarebbe compensabile, a meno che cessasse di essere soddisfatta la condizione posta circa alle fughe interne. Il caso si presenta nei trasformatori per alcuni tipi di contatori; in tal caso il modo migliore è di ricorrere a spire in corto circuito e più specialmente a nuclei pieni, pei quali la condizione innanzi esposta è ben lontana dall'essere soddisfatta.

Il shunt interno ha un valore espresso da una frazione con denominatore costante e da un numeratore sempre crescente con n_3; esso ha il massimo valore pel caso del shunt esterno e va sempre diminuendo fino ad annullarsi. Quest'ultimo caso corrisponde alla compensazione fatta con un certo numero di spire in corto circuito. Per valori di n_3 sempre più piccoli S diverrebbe negativo: il shunt interno non è utile che nei casi nei quali quello esterno risultasse troppo grande e perciò incomodo da costruire.

Pel trasformatore più volte esaminato la compensazione potrebbe farsi con spire in corto circuito tolte al secondario solo per frequenze superiori a 436.

Digitized by Google

Il caso generale della compensazione con un certo numero di spire in corto circuito, si presenta assai complesso, se si considerano le fughe interne. Esse sono, come si è detto trascurabili se si tratta di vere spire avvolte sul nucleo, sono invece assai importanti ove si tratti di nuclei pieni o parzialmente laminati.

Dato il caso che si tratti di vere e proprie spire avvolte sul nucleo, ogni una di esse, avrà la resistenza

$$r_3 = \rho \frac{L}{s}$$

dove L ed s sono la lunghezza e la sezione della spira.

Anche in questo caso, ammessa l'ipotesi delle fughe interne trascurabili, la condizione è

$$Q = \omega^2$$

ossia:

$$\frac{R_2 R_3}{L_2 L_3 - M^2_{23}} = \omega^2$$

sostituendo ai diversi termini il loro valore si trova:

$$n_3 s = \frac{R_2 + r_2}{\omega^2 l_2 C} \rho L$$

è determinata cioè la sezione complessiva delle spire da avvolgere attorno al nucleo. È poi indifferente che sia una sola o molte in serie: se l_2 fosse 0 la sezione risulterebbe infinita, la compensazione impossibile.

Nel caso del trasformatore che ci serve di esempio, la compensazione, per la frequenza di 50 periodi, si otterrebbe con spire in corto circuito di sezione complessiva di 30 mm²; e per 15 periodi con sezione 333.

Un caso appunto molto vicino a questo si presenta in alcuni contatori ad induzione.

Conviene allora fare la compensazione ammettendo che la condizione $b = 0$ non sia più soddisfatta; ma in questo caso non è facile determinare le sezioni da produrre nel nucleo, e non conviene più seguire la via che fin qui ci ha servito; nè il problema si presta ad una trattazione teorica semplice, essendo assai difficile valutare le perdite alle basse induzioni che si hanno nei nuclei dei trasformatori amperometrici; riesce più comodo risolverlo sperimentalmente; stabiliti i giri secondari che sono necessari ad ottenere la proporzionalità (nei tipi che si sono esperimentati si ottiene un eccessivo

Digitized by Google

ritardo di fase) si riconduce la fase a posto lasciando nel trasformatore un traferro che è conveniente riempire con sostanze di grossezza invariabile (lastre di nichelina, di cartone, ecc.). Lo scemare dell'induttanza secondaria riconduce la fase a posto, mentre il traferro giova a rendere il trasformatore sempre più proporzionale, senza tuttavia che il rapporto di trasformazione cambi di troppo.

Trasformatori voltometrici.

Primo tipo. — Gli stessi problemi che si sono presentati pel trasformatore amperometrico, si presentano pel trasformatore voltometrico; anche di questi se ne possono costruire i tre tipi già esaminati. Si cercheranno prima le formole che definiscono il funzionamento del trasfatore semplice, e da queste si dedurranno le caratteristiche speciali di ciascun tipo.

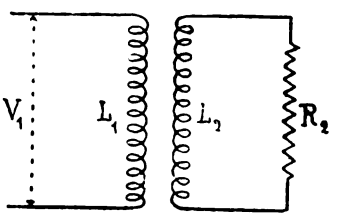


Fig. 7.

Le equazioni che definiscono il funzionamento del trasformatore semplice, quando ai morsetti primari sia applicata una tensione

$$v_1 = V_1 \operatorname{sen} \omega t$$

sono le seguenti:

$$\left.\begin{aligned} R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M_{12} \frac{di_2}{dt} &= \operatorname{sen} \omega t \\ R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M_{12} \frac{di_1}{dt} &= 0 \end{aligned}\right\} \quad [19]$$

Dove L_2 diviene $L_2 + l_2$ quando il circuito esterno sia induttivo, ed R_2, $R_2 + r_2$ quando si voglia indicare separatamente la resistenza dell'istrumento.

Tra queste equazioni elimineremo i_1 e le sue derivate, ed otterremo un'equazione fra v_1 ed i_2 che è appunto quella che c'interessa: essa prende la forma:

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2 i_2}{dt^2} + \frac{L_2 R_1 + R_2 L_1}{L_1 L_2 - M^2_{12}} \frac{di_2}{dt} + \frac{R_1 R_2}{L_1 L_2 - M^2_{12}} i_2 = \\ = V_1 \frac{-M_{12}\omega}{L_1 L_2 - M_{12}} \cos \omega t \end{aligned}\right\} \quad [20]$$

da questa con lo stesso metodo impiegato precedentemente passiamo

Digitized by Google

all'espressione di i_2 e di tang φ. Tenendo le notazioni dell'equazione [9bis]

$$I^2_2 = V^2 \frac{b^2}{(Q-\omega^2)^2 + P^2\omega^2} \qquad [21]$$

e

$$\text{tang}\,\varphi = \frac{Q-\omega^2}{P\omega}$$

Giova notare che il termine che moltiplica V^2 è omogeneo al quadrato di una conducibilità, cioè il trasformatore ha una resistenza fittizia che equivale ad esso e che, messa al suo posto, sarebbe traversata dalla corrente I_2. Per i trasformatori del primo tipo è solo necessario che si mantenga sensibilmente costante rispetto ad ω e alle variazioni di temperatura, il valore della resistenza fittizia, o ciò che fa lo stesso della conducibilità fittizia, da considerarsi negativa. quest'ultimo valore, dopo le sostituzioni nella [21] è dato da

$$C_f = \frac{-M_{12}\omega}{\sqrt{[R_1R_2 - \omega^2(L_1L_2 - M^2_{12})]^2 + [R_1L_2 + R_2L_1]^2\omega^2}}$$

la variazione di temperatura produce in C_f una variazione percentuale espressa da

$$\left(\frac{\delta C_f}{C_f}\right)_\theta = \frac{A\frac{\delta R_2}{R_2} + B\frac{\delta R_1}{R_1}}{C} \qquad [22]$$

dove

$$A = R_1^2R^2_2 - \omega^2(L_1L_2 - M^2_{12})R_1R_2 + \omega_2(R_1L_2 + R_2L_1)L_1R_2$$

$$B = R_1^2R^2_2 - \omega^2(L_1L_2 - M^2_{12})R_1R_2 + \omega^2(R_1L_2 - R_2L_1)L_2R_1$$

$$C = [R_1R_2 - \omega^2(L_1L_2 - M^2_{12})]^2 + [L_1R_2 + L_2R_1]^2\omega^2$$

l'errore è sempre negativo, non può annullarsi per nessun valore finito di induttanze, resistenze o frequenze; per uno stesso trasformatore esso tenderebbe a scomparire con lo scemare delle resistenze; per uno stesso trasformatore col crescere di ω da zero a

$$\omega^2 = \frac{R_1R_2}{L_1L_2 - M^2_{12}}$$

l'esistenza di un massimo dipende dai valori delle varie grandezze; oltre questa frequenza l'errore diminuisce sempre; essa è per altre ragioni molto opportuna come frequenza di funzionamento; con-

Digitized by Google

viene quindi rendere anche il massimo, se c'è, così piccolo da non recare disturbo.

I due coefficienti di $\frac{\delta R_1}{R_1}$ e $\frac{\delta R_2}{R_2}$ differiscono fra loro solo per l'ultimo dei termini costituenti A e B; e se si sceglie come frequenza di funzionamento quella precedentemente indicata, l'errore diviene

$$\left(\frac{\delta C_f}{C_f}\right)_0 = \frac{R_2 L_1 \frac{\delta R_2}{R_2} + R_1 L_2 \frac{\delta R_1}{R_1}}{R_2 L_1 + R_1 L_2}$$

Ora, nella maggior parte dei casi il trasformatore è riduttore, ed è impiegato per la sicurezza dell'impianto, perciò la tensione primaria è assai elevata rispetto a quella secondaria e così pure la resistenza ohmica primaria; perciò si ha in generale $n_1 > n_2$, si ha poi che

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

Le resistenze invece che dovrebbero stare nello stesso rapporto, se si trascurassero le perdite nel ferro e l'azione dell'angolo di fase primario, soddisfano invece alla relazione

$$\frac{R_1}{R_2} < \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

questa disuguaglianza è resa anche più accentuata dal fatto che per ragioni costruttive spesso si è obbligati a fare il filo primario più grosso di quello che richiederebbe la corrente primaria; si ha quindi

$$R_1 L_2 < R_2 L_1$$

Da ciò segue che dei due $\frac{\delta R_1}{R_1}$ e $\frac{\delta R_2}{R_2}$ solo il secondo ha influenza sul valore di C_f, cosicchè è necessario ridurlo, facendo una parte di resistenza di lega a coefficiente di temperatura nullo.

In un trasformatore voltometrico per 2000 volt primari e 20 secondari, con nucleo di sezione cm. 4.2×4.2 e lunghezza cm. 48; con primario di giri $9760 = n_1$ e resistenza $R_1 = 2250$ ohm con secondario di giri 100 e resistenza ohm 1.1, funzionante al massimo di permeabilità $\mu = 1500$, sopra un apparecchio avente una resistenza di 20 ohm e una induttanza di 0.01 henry, i due coefficienti di $\frac{\delta R_1}{R_1}$ e $\frac{\delta R_2}{R_2}$ sono rispettivamente circa 0.01 e 0.99; è quindi inutile preoccuparsi della variazione di resistenza primaria.

Digitized by Google

L'errore dovuto alla variazione di frequenza si può mettere sotto la forma:

$$\left(\frac{\delta C_f}{C_f}\right)_\omega = \frac{\frac{R_1^2 R_2^2}{\omega^2} - (L_1 L_2 - M^2_{12})^2 \omega^2}{\left[\frac{R_1 R_2}{\omega} - \omega (L_1 L_2 - M^2_{12})\right]^2 + [R_1 L_2 + R_2 L_1]^2} \frac{\delta\omega}{\omega}$$

Per grandi variazioni di frequenza bisognerebbe sostituire direttamente nell'espressione di C_f i valori delle due frequenze, tenendo conto delle variazioni di permeabilità e quindi delle variazioni di $L_1 L_2$ e M_{12} prodotte dal variare di ω.

La formola precedente si annulla per

$$\omega^2 = \frac{R_1 R_2}{L_1 L_2 - M^2_{12}} \qquad [23]$$

Questa ci dice che se i due circuiti sono completamente compenetrati, e se il circuito secondario esterno è privo d'induttanza, il punto di minima sensibilità alla frequenza, corrisponde a frequenze infinite.

Alla frequenza indicata dalla [23] corrisponde il massimo della corrente secondaria, ed è la frequenza critica del trasformatore.

È la proprietà del valore di ω ora veduta, cioè di rendere minima la sensibilità alle variazioni di frequenza, che consiglia di sceglierla come frequenza di funzionamento del trasformatore.

Nel trasformatore ora veduto la frequenza critica (se si ammette che abbia una fuga di flusso complessiva del 2.25 per cento) se fosse chiuso in un circuito esterno non induttivo, sarebbe di 33 circa. Attorno a questa frequenza l'errore dovuto ad una oscillazione del 10 per cento nel valore della frequenza di taratura sarebbe trascurabile, e sebbene maggiore, resterebbe trascurabile, se s'impiegasse questo stesso trasformatore a tutte le frequenze industriali, purchè fosse tarato ad ogni singola frequenza.

Secondo tipo. — Per questi occorre avere l'indipendenza di C_f dal valore di μ col variare di V_1; anzitutto in questo caso il problema si presenta più semplice, perchè di solito i trasformatori di tensione debbono funzionare in vicinanza di una tensione data, e non cuoprire una grande estensione come gli amperometrici; segue da ciò che gli errori sono assai più limitati e più ancora possono essere limitati facendo funzionare il trasformatore vicino al massimo di μ, dove le variazioni di permeabilità sono meno sensibili.

Perchè C_f fosse il più possibile indipendente da μ, occorrerebbe

Digitized by Google

che l'induttanza esterna fosse piccola, e così pure la resistenza ohmica primaria e secondaria; anche per questo caso è utile che la disuguaglianza $R_1 L_2 < R_2 L_1$ sia soddisfatta e fortemente accentuata, poichè i prodotti $R_1 R_2$ e $R_1 L_2$ che non variano proporzionalmente a μ (il primo perchè ne è indipendente, il secondo a cagione della induttanza esterna che è in generale senza ferro) abbiano la minore influenza possibile di fronte agli altri, tutti funzioni lineari di μ; questo conduce a far sì che la disuguaglianza esposta sia bene accentuata, facendo debole la resistenza primaria e debole anche la secondaria; notando che nei tipi normali, i quali vengono quasi sempre impiegati su circuiti secondari esterni poco induttivi, il solo termine da rendere trascurabile è $R_1 R_2$ e che per le cause prima esposte si ha anche $R_1 R_2 < A^2 n^2_2$, dove A è la resistenza che dovrebbe avere una spira del secondario perchè la sezione fosse proporzionata alla corrente che lo deve percorrere, e che $\frac{n_1}{n_2} = k_1$, dove k_1 è approssimativamente definito dal tipo di istrumento, da impiegarsi al secondario, e dalla tensione primaria, ed è tanto più grande quanto maggiore è il voltaggio primario: si vede che

$$R_1 R_2 < A^2 \frac{n_1^2}{k_1^2}$$

Da questo apparisce che il trasformatore riuscirà tanto più facilmente proporzionale, restando ferma la corrente massima da ottenere al secondario, quanto più k_1 sarà grande, cioè il voltaggio primo elevato.

Terzo tipo. — Da tutto quello che si è veduto poco fa si deduce che nei trasformatori voltometrici l'induzione assume un valore piuttosto elevato; segue da ciò che le perdite non sono qui trascurabili come per i trasformatori amperometrici; nè si potrebbero impiegare nuclei pieni senza che si riscaldassero.

L'importanza delle perdite nel ferro (esse sono la parte più importante del carico) rende meno sicuri i risultati del calcolo, essendo assai difficile introdurre in questo le perdite; tuttavia, come prima approssimazione si trascureranno, e se ne terrà poi conto in modo indiretto.

Ciò premesso, vediamo a quali condizioni debbano soddisfare i trasformatori del terzo tipo oltre alle precedenti della proporzionalità, della indipendenza della resistenza fittizia alle variazioni di temperatura e di frequenza.

Se si tratta di wattometri o contatori ordinari si deve avere

Digitized by Google

opposizione di fase tra il voltaggio primario e la corrente secondaria. Si è già visto che la fase della corrente secondaria è:

$$\text{tang}\,\varphi = \frac{R_1 R_2 - \omega^2 (L_1 L_2 - M^2_{12})}{(R_1 L_2 + R_2 L_1)\omega} \qquad [24]$$

si deve avere φ e quindi tang $\varphi = 0$; una soluzione che si presenterebbe sarebbe quella di fare R_2 grandissimo e L_2 piccolissima, allora:

$$\text{tang}\,\varphi = \frac{R_1}{\omega L_1}$$

sarebbe l'angolo dovuto al solo primario considerato come una resistenza induttiva, bisognerebbe in tal caso fare anche R_1 molto piccolo ed L_1 molto grande; un'altra soluzione consisterebbe nel fare R_1 grandissimo e allora tang $\varphi = \frac{R_2}{\omega L_2}$ e dovrebbe essere R_2 piccolissimo ed L_2 grandissimo, i due angoli retti di ritardo si troverebbero in questi due casi aggiungendo all'angolo che intercede fra il flusso e la forza elettromotrice secondaria un angolo retto, la prima volta ottenuto solo sul primario, la seconda solo sul secondario; a questi casi estremi, che sono anche casi limiti, si dovrebbe solo ricorrere nel caso che $L_1 L_2 = M_{12}$, cioè se il trasformatore non avesse nessuna fuga, e non vi fosse nessuna induttanza esterna al secondario; ma in pratica questo non capita mai. Spesso, anche in un trasformatore bene studiato (specialmente se si tratta di un tipo per alta tensione) le fughe di flusso, anche ridotte al minimo, sono più forti di quello che occorrerebbe. Esclusi i casi limiti, resta la condizione:

$$\frac{R_1 R_2}{L_1 L_2 - M_{12}} = \omega^2 \qquad [25]$$

Essa può servire, dato un tipo di trasformatore, del quale sieno già conosciute le fughe, per vedere a che frequenza sarà fasato, oppure per regolare la resistenza primaria e secondaria per metterlo in fase.

La formola [24] ci dice che gli errori sono, in questo caso, possibili di entrambi i segni, sebbene in pratica sia più spesso il segno negativo che s'incontra, bastando le fughe normali di un trasformatore a far prevalere il termine negativo.

Converrebbe ora esaminare i metodi per correggere la fase, come è stato fatto pel trasformatore amperometrico: anche in questo caso si dovrebbe prendere a considerare l'azione degli shunt esterni od interni, l'azione delle spire in carto circuito, l'azione delle perdite;

Digitized by Google

il metodo generale già visto prima potrebbe impiegarsi anche qui: esso conduce alle tre equazioni differenziali:

$$\left.\begin{aligned} M_{13}\frac{di_1}{dt} + M_{23}\frac{di_2}{dt} + L_3\frac{di_3}{dt} + r_3 i_3 + S(i_3 - i_2) &= 0 \\ M_{12}\frac{di_1}{dt} + M_{23}\frac{di_3}{dt} + L_2\frac{di_2}{dt} + r_2 i_2 - S(i_3 - i_2) &= 0 \\ M_{13}\frac{di_3}{dt} + M_{12}\frac{di_2}{dt} + L_1\frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 &= V_1 \operatorname{sen}\omega t \end{aligned}\right\} \quad [26]$$

dove le varie lettere hanno il significato identico a quello loro attribuito nei casi precedenti; per altro l'integrazione di questo sistema di equazioni, che può farsi semplicemente col metodo prima impiegato, conduce ad espressioni così complesse da non essere in pratica di grande utilità.

Riuscirà più utile studiare indirettamente l'azione delle varie specie di circuiti di compensazione.

Esaminiamo anzitutto l'azione delle perdite: nel trasformatore voltometrico esse sono tutt'altro che trascurabili pel fatto che l'induzione è assai elevata ($B_{max} = 8000$).

Anche in questo caso possiamo assimilare l'azione delle perdite all'azione di una spira, in corto circuito, avvolta sul nucleo. Per altro, così facendo, il risultato è approssimato, perchè le perdite per isteresi sono piuttosto assimilabili a quelle che si avrebbero se nella spira avvenisse una trasformazione meccanica di energia, poichè l'azione dell'isteresi equivale a quella di una f. e. m. in ritardo di poco più di 90° sulla corrente risultante della corrente primaria e secondaria. Tuttavia si può così avere un termine di correzione per la formola [25] che ci dà risultati più approssimati.

Se il circuito secondario esterno non è sensibilmente induttivo, una spira in corto circuito, che non abbia fughe rispetto ad esso, ed abbia rispetto al primario le stesse fughe del secondario, equivale ad un shunt esterno, o, ciò che fa lo stesso, ad una diminuzione di resistenza nel circuito secondario; per determinare quale resistenza secondaria bisogna considerare invece delle perdite nel ferro, si calcoleranno queste in base alla induzione, ed in base a questa si calcolerà anche la f. e. m. secondaria, si avrà per R_x, valore della resistenza cercata:

$$R_x = \frac{E_2}{w_p + (R_2 + r_2) I_2^2}$$

questo valore minore di R_2, sostituito nella [25] da un valore dell'angolo di fase assai più vicina al vero.

Digitized by Google

Segue, da quello che abbiamo ora esposto, che per l'effetto delle perdite, equivalenti ad una diminuzione di resistenza al secondario, il valore di tang φ, che già ponemmo uguale a 0 per ipotesi, varia in valore relativo nello stesso senso di R_2; cioè le perdite hanno ufficio utile se il trasformatore, senza di esse, ha un angolo di ritardo di I_2 minore di 180°, dannoso se per le fughe tale angolo fosse superiore a 180.

È quasi sempre quest'ultimo caso che si presenta.

Se si ha un ritardo insufficiente si rimedia facilmente, o diminuendo la resistenza secondaria, o producendo una leggera fuga; ma se si presenta l'altro inconveniente, il rendere il trasformatore fasato, è cosa un po' più difficile.

Posto che in generale sarà impossibile diminuire le fughe del trasformatore; non resterebbe che aumentare R_1 e la resistenza secondaria; ma non si può agire che su r_2, resistenza esterna, e si vede di quanto poco cambi il valore di R_r col variare di r_2, poichè l'espressione di R_r può scriversi:

$$R_r = \frac{E_2^2}{w_p + \left(\frac{r_2}{R_2^2} + \frac{1}{r_2}\right) V_2^2}$$

dove V_2 è pochissimo variabile col variare di R_2, e tutto il secondo termine del denominatore è assai piccolo rispetto al primo.

Un effetto migliore si otterrebbe crescendo R_1, sebbene, anche in questo caso, per ottenere piccoli spostamenti di fase, occorrano grandi variazioni di resistenza.

Prendiamo, ad esempio, il trasformatore voltometrico per wattometri per 2000 volts primari con 9768 giri primari e 284 secondari; $R_1 = 2250$; $R_2 + r_2 = 1600$ ohm; con un nucleo eguale a quello del trasformatore per voltmetro precedentemente esaminato, con identica fuga tra primario e secondario e con secondario esterno non induttivo.

Questo trasformatore, impiegato a 50 periodi, se si trascurano gli effetti delle perdite, dovrebbe avere un errore di fase di $\varphi = +\ 36'$, ossia non avrebbe sufficiente ritardo, ma l'errore sarebbe ammissibilissimo in pratica.

Tenendo conto delle perdite a 50 periodi, si ha che nel ferro si dissipano circa 46 watts; da ciò $R_r = 341.5$ in luogo di $R_1 = 1600$, e l'errore di fase diviene $\varphi = 14'$; la difficoltà di valutare esattamente le perdite consiglia di rendere tang φ, che sarà inevitabilmente variabile anche fra limiti estesi, sempre molto piccolo per

Digitized by Google

valori molto diversi di R_x; per ottener ciò si vede dalla formola [24] che è utile dare ad R_1 valori assai piccoli, ad L_1 valori assai grandi, poichè così facendo si diminuisce nel numeratore il termine dipendente dalle perdite e si rende il denominatore più grande, poichè il termine $L_2 R_1$ poco ha influenza su esso, e risulta quasi sempre trascurabile, se non vi è induttanza esterna.

A cagione dell'influenza delle perdite non hanno grande attendibilità i valori che si ricaverebbero dalla [25] per le variazioni di tang φ colla temperatura e con la frequenza, tuttavia si può notare che:

$$\frac{\delta\varphi}{\cos^2\varphi} = \frac{(R_1 L_2 + R_x L_1) R_1 - [R_1 R_x - \omega^2 (L_1 L_2 - M^2_{12})] L_1}{(R_1 L_2 + R_x L_1)^2 \omega} \delta R_x \quad [27]$$

pel caso particolare nel quale il trasformatore è fasato, si può ritenere approssimativamente

$$d\varphi = \frac{R_1}{(R_1 L_2 + R_x L_1)\omega} \delta R_x$$

Le variazioni di temperatura di R_x sono complesse poichè dipendono dalla variazione di r_2 ed R_2 e dalle perdite; tuttavia il fatto che, come abbiamo visto, il coefficiente di temperatura al secondario deve essere trascurabile, le riduce alle sole variazioni delle perdite.

Ad ogni modo la formola applicata al trasformatore più volte studiato conduce ad una variazione del tutto trascurabile.

Analogamente si avrebbe:

$$\delta\varphi = \frac{R_x}{(R_1 L_2 + R_x L_1)\omega} \delta R_1 \quad [29]$$

Questa mostra ha poca influenza sulla fase delle variazioni di R_1 essendo R_x più piccolo di R_2 che è già assai piccolo.

Circa alla frequenza, l'azione è più complessa perchè R_x è funzione di ω; ad ogni modo si può dare un'espressione approssimata della variazione dell'errore di fase in funzione della variazione percentuale di ω e si ottiene [supponendo il trasformarore approssimativamente fasato e quindi trascurabile $R_1 R_x - \omega^2 (L_1 L_2 - M^2_{12})$];

$$\delta\varphi = -\frac{2\omega (L_1 L_2 - M^2_{12})}{R_1 L_2 + R_x L_1} \frac{\delta\omega}{\omega}$$

applicata al trasformatore ora esaminato, darebbe come risultato, per una variazione del 5 per cento su ω, di $\delta\varphi = 4'$, errore trascurabilissimo in pratica.

Digitized by Google

Sul valore di φ ha azione ciò che tende ad alterare i differenti valori delle induttanze e dei coefficienti d'induzione mutua, fra questi è da annoverarsi la capacità; se essa ha poca o nessuna importanza quando le tensioni sono piccole ed i giri del circuito ad alta tensione sono pochi, ne assume una grandissima se la tensione primaria è un po' elevata; essa si fa sentire per la variazione apparente d'induttanza primaria e per la variazione apparente del coefficiente d'induzione mutua fra primario e secondario che ne conseguono.

Il primario è infatti percorso da una corrente differente attraverso alle sue varie sezioni sia in valore, sia in fase, e nelle equazioni [19], che definiscono il funzionamento del trasformatore, si dovrebbero sostituire ai termini $R_1 i_1$, $L_1 \frac{di_1}{dt}$, $M_{12} \frac{di_1}{dt}$, altrettante funzioni dipendenti dalla induttanza e dalla capacità ripartita; se pure il problema non presentasse difficoltà analitiche insormontabili, i risultati assai complicati non si presterebbero ad una utile e semplice applicazione pratica.

Per altro gli effetti della capacità nei trasformatori a molti giri, cioè per tensioni molto elevate, sono sensibilissimi (1); nello studiare questi trasformatori conviene quindi prendere precauzioni analoghe a quelle prese per evitare le incertezze sul valore di tang φ dovute alle incertezze delle perdite; fare cioè il denominatore il più grande possibile, ossia, come già si è visto, fare grande L_1, separando in molte matasse il primario, per evitare che col crescere di L_1, ossia di giri primari, cresca anche la capacità.

Casi particolari.

Esaminiamo ora alcuni casi particolari che appaiono assai interessanti.

Uno fra i più frequenti è quello relativo alla costruzione di un trasformatore voltometrico per wattometro da impiegarsi su reti trifasi equilibrate con punto neutro inaccessibile.

In tal caso le cose debbono essere disposte in modo che quando l'angolo φ di ogni ramo di stella è 0, anche l'angolo fra la corrente secondaria I_2 del trasformatore e quello della corrente di linea scelta per la misura sia 0; ora gli angoli di fase di una qualunque delle tre correnti di linea rispetto alle tre tensioni fra i fili sono (sup-

(1) Vedasi *Elektrotechnische Zeitschrift*, 6 ottobre 1904: Leo Lichtstein, *Versuche mit einem Transformator hoher Eigenkapacität.*

Digitized by Google

ponendo $\varphi = 0$ per ogni ramo di stella o lato di triangolo) rispettivamente $+\frac{\pi}{6}$, $-\frac{\pi}{6}$, $-\frac{\pi}{2}$.

Il trasformatore voltometrico deve dare un ritardo di fase tale, che sommato coll'angolo di fase proprio delle tensioni sia π; ossia si deve avere:

$$\frac{5\pi}{6} \quad , \quad \frac{7\pi}{6} \quad , \quad \frac{3\pi}{2}$$

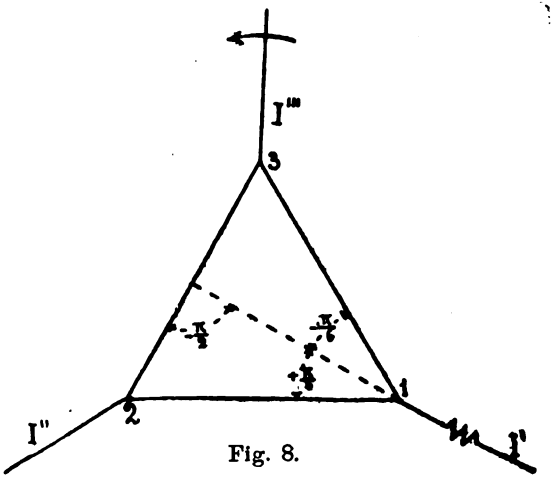


Fig. 8.

Secondo le tre connessioni possibili si hanno tre tipi di trasformatore, uno con ritardo di fase minimo, uno con ritardo medio, uno con ritardo massimo; l'ultimo caso verrà trattato più innanzi, perchè corrisponde anche ad un'altra applicazione pratica; vediamo ora i primi due.

Pel primo si deve avere un ritardo di fase minore di π, ossia:

$$\text{tang}\,\varphi = \frac{R_1 R_x - \omega^2 (L_1 L_2 - M^2_{12})}{(L_1 R_x + L_2 R_1)\omega} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

È conveniente tenere il termine fra parentesi il più piccolo possibile, condizione questa già riconosciuta nei casi esaminati; si giungerà facilmente al valore voluto facendo R_1 abbastanza grande, così pure R_2, perchè R_x acquisti il massimo valore possibile; L_1 abbastanza piccolo; così facendo L_2 sarà di necessità piccolissimo ed il denominatore si potrà diminuire fino a che occorre, perchè il valore di tang φ sia quello richiesto.

Può capitare, per altro, che si sia condotti a porre resistenze così forti al secondario da ottenerne una corrente troppo debole per l'istrumento di misura da impiegare; e per rimediare a questo si potrà essere obbligati a ridurre di molto il rapporto di riduzione della tensione del trasformatore, ossia a far sì che una buona parte della resistenza fittizia del trasformatore sia resistenza reale posta al secondario; ciò che potrebbe portare anche al secondario una tensione pericolosa.

Il trasformatore per wattometro già esaminato avrebbe, funzionando a 42 periodi, per valore della resistenza esterna secondaria ohm 107000, ora pel fatto solo dell'esistenza delle perdite si ha che

Digitized by Google

R_r non può essere superiore a 437 ohm, corrispondenti ad una resistenza secondaria equivalente alle sole perdite, il trasformatore non potrebbe quindi funzionare con la fase voluta, nemmeno col secondario aperto; si dovrebbe cambiare il tipo che per altro avrebbe gl'inconvenienti sopra accennati.

Si presta meglio l'altro caso, nel quale

$$\text{tang}\,\varphi = -\frac{\sqrt{3}}{3}$$

in esso si può far crescere il termine negativo producendo una forte fuga al secondario, o, ciò che è più semplice, facendo induttiva la resistenza addizionale che avrà certamente l'istrumento di misura.

In tal caso non si può più tener conto delle perdite nel modo finora seguito, poichè esso supponeva il secondario esterno non induttivo, si dovrebbe servirsi delle relazioni che risulterebbero dalla integrazione delle equazioni [26], tuttavia si può calcolare l'errore esistente servendosi di un metodo indiretto.

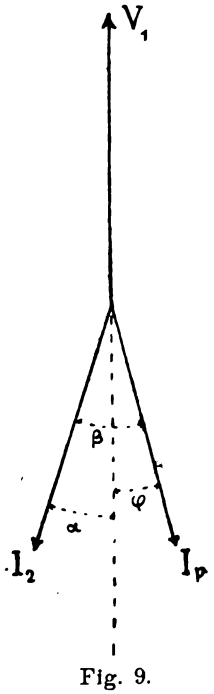


Fig. 9.

Per stabilire tale metodo approssimato, riterremo trascurabile l'azione della induttanza dello strumento sulla fase della tensione secondaria che ammetteremo definita principalmente e specialmente dalle perdite derivanti dalle resistenze ohmiche; nella formola [24] si sostituirà ad R_2, R_r. Si otterrà un valore di φ che riterremo praticamente invariabile col variare della induttanza esterna e coincidente coll'angolo di fase della tensione secondaria.

L'angolo approssimativo α di fase I_2 sarà $\alpha = \beta - \varphi$; esso dovrà risultare in valore assoluto uguale a $\frac{\pi}{6}$; calcolato φ si dedurrà un valore approssimato di l_2 dalla formola $l_2 = \frac{r_1}{\omega}\,\text{tang}\,\beta$. Questo valore di l_2 permetterà di costruire la resistenza assai prossima al vero per essere aggiustata durante la taratura. D'altra parte un calcolo analiticamente più esatto non condurrebbe a risultati migliori, perchè in questo caso il valore di l_2 dipende necessariamente dal valore delle perdite, che non possono mai essere calcolate analiticamente con grande precisione.

Il trasformatore per wattometro, che ci ha servito più volte di

Digitized by Google

esempio, darebbe, impiegato a 50 periodi, con lo stesso wattometro col quale prima lo supponevamo impiegato:

$$\varphi = 7' \qquad \text{e} \qquad l_2 = 0.35 \text{ henry}$$

Il terzo caso $\left(\text{ritardo } \frac{3\pi}{2}\right)$ si identifica come quello relativo ai contatori ad induzione; in questi, come è noto, il circuito voltometrico è fortemente induttivo, tanto che la corrente che percorre la spirale voltometrica è quasi in quadratura con la tensione che la produce; per il funzionamento di trasformatori che debbono servire per contatori di questo genere si dovrebbe avere:

$$\text{tang } \varphi = \frac{R_1 R_x - \omega^2 (L_1 L_2 - M_{12})}{(L_1 R_x + L_2 R_1)\omega} = \infty$$

L'espressione di tang φ deve essere cioè grandissima; apparisce subito che la sola soluzione capace di soddisfare al problema è R_1 ed R_2 piccolissimi, e anche in questo caso $\varphi = \frac{3\pi}{2}$ è da considerarsi come un limite. Ma diverse circostanze facilitano la costruzione del trasformatore; la prima dipende dal fatto che, per effetto delle perdite nel ferro del contatore, il campo dovuto alla corrente voltometrica è in ritardo sulla corrente di un angolo ε di qualche grado, ciò che permette di fare φ sensibilmente minore di $\frac{3\pi}{2}$; l'altra va ricercata nell'azione delle perdite del trasformatore, che riducendo R_2 al valore assai minore di R_x, accrescono φ; poichè in questo caso il termine $R_1 R_x$ è piccolo rispetto a $\omega^2 (L_1 L_2 - M^2_{12})$, e le sue diminuzioni sono poco sensibili, mentre sono sensibili le diminuzioni del denominatore, dove, con lo scemare di R_2, scema il più importante dei due termini che lo compongono, che in questo caso, per altro, non sono più tanto differenti fra loro.

Conviene notare però che la diminuzione di R_2 è anche più efficace, per essere il secondario esterno induttivo; il caso è in fondo analogo al precedente, e per determinare la fase di I_2 si ricorrerà allo stesso metodo approssimato.

Tanto in questo caso, come nel precedente, se si ritenesse opportuno di conoscere con maggior esattezza la differenza di fase fra V_1 ed I_2 si potrebbe procedere così:

Si sostituisce alle perdite un'unica spira in corto circuito di resistenza $R_3 = \frac{e_0^2}{W p}$ dove e_0 è la f. e. m. per giro; l'induttanza L_3 di

Digitized by Google

essa si ridurrebbe al coefficiente $H = B\mu$ già impiegato nelle precedenti espressioni, e sarebbe $M_{23} = Hn_2$ e $L_3 = H$; così facendo si manterrebbero le stesse ipotesi fatte trattando del trasformatore amperometrico, relative alle fughe dei vari circuiti del trasformatore stesso.

Conservando le solite notazioni, indicando con Ψ l'angolo fra I_1 e I_2 e notando che $L_2 L_3 - M^2_{23} = Hl_2$ si avrebbe:

$$\operatorname{tang} \Psi = \frac{Q - \omega^2}{P\omega} = \frac{(r_2 + R_2) - \dfrac{\omega^2}{R_3} Hl_2}{\omega\left(L_2 + H\dfrac{(R_2 + r_2)}{R_3}\right)}$$

Si ha pel circuito primario:

$$V_1 = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M_{12}\frac{di_2}{dt} + M_{13}\frac{di_3}{dt}$$

ora l'espressione di i_1, di i_2 e di i_3 può mettersi sotto la forma:

$$\begin{aligned} i_1 &= I_1 \operatorname{sen} \omega t \\ i_2 &= X_2 \operatorname{sen} \omega t + Y_2 \cos \omega t \\ i_3 &= X_3 \operatorname{sen} \omega t + Y_3 \cos \omega \end{aligned}$$

Dove X_2 e Y_2 sono i coefficienti che compariscono nelle equazioni i_2 dedotte dalla [9bis] e X_3, Y_3 si deducono da quelli scambiando gli indici 2 e 3 fra loro, ossia:

$$X_2 = \frac{P\omega b_2}{(Q-\omega^2)^2 + P^2\omega^2} \quad ; \quad X_3 = \frac{P\omega b_3}{(Q-\omega^2) + P^2\omega^2}$$

$$Y_2 = \frac{(Q-\omega^2) b_2}{(Q-\omega^2)^2 + P^2\omega^2} \quad ; \quad Y_3 = \frac{(Q-\omega^2) b_3}{(Q-\omega^2)^2 + P^2\omega^2}$$

essendo il solo valore di b che cambia scambiando gli indici.

Si avrebbe perciò per l'espressione di r_1:

$$r_1 = (R_1 I_1 - M_{12}\omega Y_2 - M_{13}\omega Y_3) \operatorname{sen} \omega t + (L_1 I_1 \omega + M_{12}\omega X_1 + M_{13}\omega X_3) \cos \omega t$$

e indicando con Θ l'angolo di fase fra V_1 e I_1 si avrebbe:

$$\operatorname{tang} \Theta = \frac{L_1 I_1 \omega + M_{12}\omega X_2 + M_{13}\omega X_3}{R_1 I_1 - M_{12}\omega Y_2 - M_{13}\omega Y_3}$$

dalla quale I_1 si elimina, essendo X ed Y della forma KI_1; calcolato così Θ, si deve avere $\Theta + \Psi = \dfrac{7\pi}{6}$ o $\Theta + \Psi = \dfrac{3\pi}{2}$, secondo che si tratta del primo o del secondo caso.

Digitized by Google

Tuttavia l'incertezza del valore delle perdite non consiglia d'intraprendere l'applicazione di un calcolo così laborioso, val meglio aggiustare l_2 con esperimenti.

È interessante notare che nel secondo caso $\frac{3\pi}{2}$ è il limite della posizione della corrente risultante di I_2 I_p, sia I_p dovuto alle sole perdite o ad un shunt, è dunque possibile, e talvolta utile, se l'induttanza esterna è forte e le perdite elevate, mandare la componente I_2 che c'interessa alla giusta fase $\frac{3\pi}{2}$ con i mezzi già esami nati per i trasformatori amperometrici, shunt e spire in corto circuito.

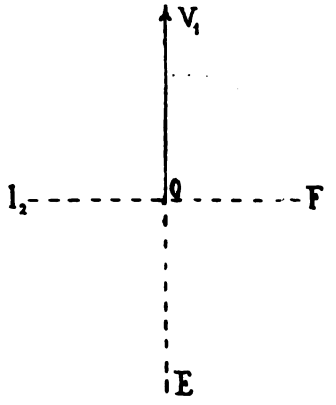


Fig. 10.

Se l'angolo ε proprio del contatore si riduce a 0, i trasformatori per questi contatori richiederanno sempre una compensazione: si può dire in pratica che essa, più che altro, dipenderà dalla costruzione dei contatori stessi.

Sensibilità dei trasformatori alla variazione di frequenza.

Resta ora ad esaminare la sensibilità dei trasformatori alla forma delle curve di tensione e di corrente; è noto che una curva periodica qualunque, senza discontinuità, si può scindere secondo la serie di Fourier in una somma infinita di sinusoidi di varia frequenza; in pratica l'analisi delle curve periodiche può essere limitata alle armoniche più basse, escluse le armoniche d'ordine pari, perchè le due mezze onde sono in generale simmetriche rispetto all'asse dei tempi.

Dal lato pratico si possono distinguere due casi differenti: curve distorte nelle quali è sensibile principalmente l'effetto di pochi armonici bassi, e curve dentellate nelle quali si fa principalmente sentire l'effetto di qualche armonico relativamente alto; i due casi possono comparire insieme.

In qualunque caso si ha che una curva periodica non sinusoidale ha per valore efficace:

$$I_{\text{eff.}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\Sigma I_{\omega}^2}$$

Digitized by Google

oppure

$$V_{\text{eff.}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\Sigma V_\omega^2}$$

dove I e V sono le differenti ampiezze delle varie sinusoidi.

Il prodotto medio di una tensione ed una intensità periodiche non sinusoidali è espresso da:

$$W = \Sigma \frac{V_\omega I_\omega}{2} \cos \varphi_\omega$$

dove V_ω ed I_ω rappresentano le ampiezze delle varie sinusoidi di tensione e d'intensità aventi ugual frequenza.

Nei casi che capitano in pratica la grandezza sinusoidale fondamentale è anche la più ampia, cosicchè i massimi delle armoniche possono essere espressi con $\eta_1 I_1$, $\eta_2 I_2$, ecc., oppure $\eta_1 V_1$, $\eta_2 V_1 \ldots$ ecc., dove η_1, $\eta_2 \ldots$, ecc., sono quantità sempre minori di 1 e generalmente anche decrescenti, sebbene quest'ultima condizione possa non verificarsi nel caso di curve dentellate, si avrà allora:

$$(I_1)_{\text{eff.}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \eta_1^2 + \eta_2^2 + \ldots}$$

e analogamente per le tensioni.

Se s'impiega un trasformatore di corrente si avrà:

$$(I_2)_{\text{eff.}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \sqrt{K_0^2 + K_1^2 \eta_1^2 + K_2^2 \eta_2^2 + \ldots}$$

dove K_0 indica il rapporto di trasformazione per la fondamentale di pulsazione ω, si ha:

$$K = \sqrt{\frac{\Sigma K^2 \eta^2}{\Sigma \eta^2}}$$

notando che $\eta_0 = 1$.

Il valore efficace secondario dipenderà dal valore di K e quindi dalle varie frequenze degli armonici e della loro importanza, lo stesso si può dire per le tensioni.

Applichiamo queste considerazioni ai trasformatori voltometrici.

Primo caso. — Il trasformatore ha fuga di flusso trascurabile e un istrumento al secondario quasi privo di induttanza. In questo caso se tutti i rimanenti dati del trasformatore e del circuito si conservano eguali a quelli dell'esempio più volte citato si avrebbe: una resistenza fittizia di 2096 ohm per 50 periodi e di 2099.6 per

Digitized by Google

una frequenza infinita; questa sarebbe dunque la migliore disposizione per un apparecchio di precisione; qualunque armonico esistesse nella curva non si avrebbero errori superiori al 0.32 per cento, ma una tale disposizione è difficile da realizzare anche approssimativamente in pratica; naturalmente non esiste frequenza critica.

Secondo caso. — Se il trasformatore avesse una debole fuga, il 2.25 per cento complessivamente, ed un istrumento non induttivo al secondario, allora si avrebbe come frequenza critica 36.6 periodi; a questa frequenza presenterebbe una resistenza fittizia di 2118.6 ohm; alla frequenza di 50 sarebbe invece 2118.8; per l'armonico terzo (frequenza 150) la resistenza sarebbe di 2124 e pel quinto, 2135 ohm, ossia rispettivamente differenti del 0.26 per cento, del 0.77 per cento, errori affatto trascurabili in pratica.

Pel trasformatore amperometrico che ci ha servito di esempio si trovano risultati dello stesso ordine di grandezza.

Terzo caso. — Se l'istrumento posto al secondario è sensibilmente induttivo, le cose cambiano di assai; lo stesso trasformatore dell'esempio precedente, impiegato con un istrumento avente una induttanza di 0.15 henry (prossima a quella di molti voltometri a media tensione) darebbe i seguenti risultati: frequenza critica 10.46 periodi, ed a questa frequenza la resistenza fittizia sarebbe 2125 ohm, a 50 periodi diventerebbe 2185 ohm, a 150 sarebbe 2251, a 250 giungerebbe a 2782 ohm. Si vede che in questo caso l'armonica quinta sarebbe ridotta di un terzo rispetto alle altre, ed il valore efficace secondario potrebbe cambiare di molto se tale armonica avesse una certa importanza.

Nel caso del wattometro si possono avere armoniche nelle due curve, cioè si può avere:

$$V_1 = V_0 [\operatorname{sen} \omega t + r'_1 \operatorname{sen} (2\omega t - \varphi'_1) + r'_2 \operatorname{sen} (3\omega t - \varphi'_2) + \dots$$

e

$$i_1 = I_0 [\operatorname{sen} (\omega t - \varphi_0) + r_1'' \operatorname{sen} (2\omega t - \varphi_1'') + r_2'' \operatorname{sen} (3\omega t - \varphi_3'') + \dots$$

sebbene nella maggior parte dei casi pratici gli armonici di ordine pari siano da escludere; la potenza dovuta a V_1 ed I_1 (cioè il loro prodotto medio) si riduce, come è noto, alla somma dei prodotti medi delle grandezze di ugual frequenza, cioè:

$$W_1 = \frac{V_0 I_0}{2} [\cos \varphi_0 + r_1' r_1'' \cos \varphi_1 + r_2' r_2'' \cos \varphi_2 \dots] =$$

$$= \frac{V_0 I_0}{2} \Sigma r' r'' \cos \varphi$$

Digitized by Google

Impiegando una coppia di trasformatori si può avere per la potenza W_2 segnata dal vattometro:

$$W_2 = \frac{V_0 I_0}{2} \sqrt{\frac{\Sigma K' n_1'^2}{\Sigma n_1'^2} \cdot \frac{\Sigma K'' n_1''^2}{\Sigma n_1''^2}} \cdot \Sigma n_1' n_1'' \cos(\varphi + \delta\varphi)$$

dove $\delta\varphi$ sono gli errori di fase corrispondenti alle varie armoniche.

Se K' e K'' fossero eguali per tutte le frequenze e $\delta\varphi$ fosse 0 si avrebbe $\frac{W_2}{W_1} = \sqrt{K' K''}$ dove la $\sqrt{K' K''}$ sarebbe la costante del wattometro.

Ordinariamente le frequenze più elevate sono anche quelle che hanno la n più piccola, e ciò tende a ridurre di assai l'influenza degli errori che sono appunto più forti colle frequenze più elevate.

Da quanto si è esposto apparisce che le migliori condizioni di funzionamento corrispondono a quel caso nel quale i trasformatori diano già errori trascurabili per la frequenza fondamentale, in questo caso gli errori per le frequenze più elevate saranno *a fortiori* trascurabili; il wattometro non risentirà in tal caso in alcun modo il variare della forma di curva, purchè questa non abbia punti di discontinuità tali che una risoluzione anche approssimata della curva in sinusoidi parziali introduca armonici di grande importanza.

Questo caso sarebbe quello di trasformatori amperometrici senza shunt e di trasformatori voltometrici senza fughe, ma calcolati con larghezza sufficiente a non dare errori sensibili per le frequenze fondamentali; se così può essere conveniente di fare per wattometri di precisione, non è consigliabile di farlo per tutti i wattometri industriali a cagione della difficoltà e del costo di costruzione di trasformatori di questo genere.

Da tutto quello che è stato detto apparisce chiaro che nella misura delle correnti alternate molti e molti fenomeni accessorî si possono presentare che, col cambiare di poco delle circostanze dell'esperimento possono, dall'essere trascurabili, passare ad essere importanti e spesso incomodi assai; è perciò che è raccomandabile di osservare con cura ogni apparente stranezza od anomalia che appaia negli istrumenti e nei trasformatori di misura; il rilevare un fatto, apparentemente di nessun conto, può essere talvolta fonte di grandi progressi.

Chiudo porgendo i miei ringraziamenti al collega ing. Campos, che tanto mi ha coadiuvato nelle ricerche che formano oggetto della mia comunicazione.

Digitized by Google

N. 32.

CONTATORE COSINUS *BL* E *IR*

COMUNICAZIONE

*fatta dall'***Ing. MATTIA DE SERAS,** *nella Seduta del 22 ottobre all'Assemblea generale di Bologna.*

Generalità.

Lo sviluppo sempre più importante, preso dalle correnti alternate, è dovuto indiscutibilmente alle scoperte che hanno permesso di utilizzarle praticamente ed in modo economico.

Questa economia è tanto più interessante, in quanto che essa influisce sulle spese di primo impianto.

Gli affari più brillanti che offrivano la minor alea furono sfruttati per i primi, e benchè gl'impianti resisi necessari costarono molto cari, pure essi furono fruttiferi, in vista che la speculazione era nuova al pubblico.

Oggi noi ci siamo avvicinati alla saturazione, ed infatti gli affari di energia elettrica che vanno impiantandosi oggi sono destinati a svilupparsi in un terreno meno propizio. Il raggio d'azione di questi impianti si va di giorno in giorno estendendosi sempre più; si va cercando nelle valli lontane l'energia per mezzo delle correnti alternate che a meraviglia si prestano alla realizzazione dei problemi moderni, e ciò per cercare di aumentare gli utili di un dato affare con la rispettiva economia nelle spese.

L'impiego delle correnti alternate era appena incominciato e la questione dei contatori da impiegarsi s'imponeva; in origine vennero utilizzati i *contatori-motori* ordinari ad avvolgimento senza ferro, che funzionavano indistintamente, sia con corrente continua, sia con corrente alternata.

Gli inconvenienti risultanti dalla manutenzione dei collettori e le cause d'errori provenienti dagli organi stessi di tali contatori e della loro maniera di comportarsi quando essi subivano l'influenza delle correnti alternate, hanno indotto gl'inventori a ricercare un tipo di contatore che non abbisognasse di manutenzione a collettori, e il principio di Ferraris sui campi rotanti ben si prestò a ciò, e gl'inventori, usando di questo principio, ottennero subito un gran nu-

Digitized by Google

mero di soluzioni, delle quali molte hanno avuto una risoluzione pratica.

La Compagnia Anonima Continentale, già J. Brunt e C^ia^, cercò e studiò; risultato ne fu la creazione del contatore « Cosinus » che forma l'oggetto della presente comunicazione.

Noi ci siamo preoccupati di avvicinarci, non solo il più possibile alla soluzione teorica del problema postoci, ma con la stessa assiduità ci siamo messi allo studio delle disposizioni economiche che quindici anni di pratica, di costruzione di contatori di energia elettrica di differenti sistemi, ci aveva insegnati.

Teoria.

Il « Cosinus » come sopra detto è fondato sul principio Ferraris e come tale è riservato esclusivamente per le correnti alternate.

La sua teoria generale viene così enunciata:

Immaginiamo che un conduttore metallico massiccio di rivoluzione, un cilindro, per esempio, mobile intorno al suo asse sia sottomesso all'azione di due campi magnetici alternati, rettangolari fra loro, e presentanti una data differenza di fase φ: siano F e f i loro valori massimi.

Ciascuno dei due campi alternati può essere decomposto in due campi rotanti in senso inverso, ciò che fa in tutto quattro campi rotanti, due A, B in un senso e due A', B' nell'altro.

Possiamo ora comporre A e B in un solo campo rotante H e nel medesimo modo A' e B' in un solo campo rotante in senso inverso H'; si trova facilmente:

$$H^2 = F^2 + f^2 + 2\,Ff \operatorname{sen} \varphi$$
$$H'^2 = F^2 + f^2 - 2\,Ff \operatorname{sen} \varphi.$$

La massa metallica abbandonata a sè stessa si troverà strascinata nel senso del più grande di questi due campi, H'' per esempio; sia ω la sua velocità di rotazione ω la frequenza della corrente, il cilindro prenderà allora una velocità relativa:

$\omega - \omega'$ per rapporto al campo H
e $\omega + \omega'$ » » H'.

Man mano che ω' aumenta, la velocità relativa del cilindro sotto l'azione del primo campo diminuisce, sotto l'azione del secondo aumenta; ne risulta che la coppia motrice diminuisce, e la coppia

Digitized by Google

resistente aumenta. Per una certa velocità ω' avremo l'equilibrio fra le due coppie e tale velocità ω' si manterrà allora costante.

Ammettiamo, ciò che è effettivamente, che la coppia (motrice o resistente) sia proporzionale da una parte al quadrato del campo, e dall'altra alla velocità relativa del campo del cilindro, supponendo implicitamente che nei circuiti ove si sviluppano le correnti di Foucault la reattanza sia trascurabile rispetto alla resistenza del circuito stesso, avremo allora

$$Cm = KH^2 (\omega - \omega')$$
$$Cr = KH'^2 (\omega + \omega'),$$

ossia

$$KH^2 (\omega - \omega') = KH'^2 (\omega + \omega')$$

$$\omega' = \frac{\omega (H^2 - H'^2)}{H^2 + H'^2}$$

$$\omega' = \omega \frac{2 Ff \operatorname{sen} \varphi}{F^2 + f^2}.$$

Così in questo caso, anche senza nessun frenamento estraneo, il cilindro prende una velocità ben definita data dall'equazione precedente.

Questa equazione può interpretarsi nel seguente modo: tutto vi passa come se il cilindro fosse sottomesso ad una coppia motrice

$$2 \omega Ff \operatorname{sen} \varphi$$

e ad una coppia resistente $(F^2 + f^2)$ proporzionale alla velocità, a condizione che $(F^2 + f^2)$ sia costante.

Questa ultima coppia è di quelle che possono chiamarsi *coppie frenanti*.

Così il sistema di due campi rettangolari alternati e presentanti una differenza di fase φ fa comparire una coppia motrice ed una coppia resistente.

Sia Ψ lo spostamento di fase della corrente fra l'intensità della corrente e la sua tensione ai morsetti del contatore, se si fa in modo che $\varphi = \frac{\pi}{2} + \Psi$ l'espressione della coppia motrice diventa

$$2 \omega Ff \cos \Psi.$$

Se per di più F ed f sono proporzionali rispettivamente alla intensità I e alla tensione e ai morsetti del contatore, la coppia motrice prende la forma:

$$2 C \omega e I \cos \Psi,$$

Digitized by Google

cioè essa è proporzionale alla potenza da misurare

$$e\,I\cos\Psi.$$

Abbiamo visto che in queste condizioni, affinchè il contatore segni l'energia spesa bisogna che la coppia resistente sia proporzionata alla velocità, ora la coppia resistente essendo

$$(F^2+f^2)\,\omega'$$

f in una distribuzione a potenziale costante è quasi costante, mentre F varia col carico, quindi proporzionale alle correnti principali. Pei deboli carichi, F essendo trascurabile rispetto a f il frenamento così ottenuto è pressochè proporzionale alla velocità e il contatore è press'a poco esatto, ma a misura che il carico aumenta, il termine F'^2 diventa importante e il contatore ritarda sempre più.

Il miglior mezzo e il più semplice per evitare questo inconveniente consiste nel munire il contatore di un freno ordinario formato da un magnete permanente $K\omega'$ abbastanza grande perchè si possa trascurare di fronte ad esso il termine $(F^2+f^2)\,\omega'$ si avrà allora semplicemente

$$\omega'=\omega\,\frac{2\,F\,f\,\operatorname{sen}\varphi}{K}$$

e allora ω' sarà rigorosamente proporzionale alla potenza da misurarsi. Questo freno supplementare potrà esercitarsi tanto sul conduttore rotante, quanto sopra un disco metallico calettato sul medesimo albero come in alcuni tipi di contatori motori a rocchetto.

Si può pure, per compensare il termine della coppia frenante crescente col carico, cercare di aumentare la coppia motrice (proporzionale alla potenza) di un termine supplementare crescente anche lui col carico.

Così pure l'avviamento per la partenza dovrà essere compensato come in tutti i contatori motori con una coppia supplementare conveniente. ω' mostra che, dato tutto uguale, essa velocità dipende esclusivamente da ω, ossia dalla frequenza della corrente.

La taratura quindi del contatore dipenderà dunque dalla frequenza e dipenderà anche in certo qual modo dalla forma della corrente, tocca all'esperienza dimostrare entro quali limiti si esercita questa influenza.

In tutto ciò che precede abbiamo supposto che i due campi rettangolari agissero su un conduttore di rivoluzione avente il suo asse perpendicolare a ciascuno di essi. Tale supposizione si verifica appunto nel « Cosinus »; trascureremo quindi di parlare della teoria, che del

Digitized by Google

resto è identica, nel caso in cui i due campi rettangolari fossero paralleli fra di loro, e perpendicolari ad un medesimo disco di cui l'asse è parallelo ai due campi.

Tutto quanto precede permette di rendersi conto delle condizioni di funzionamento di un contatore e di vedere quali siano le condizioni a realizzarsi per un buon funzionamento.

Esse sono: possente freno esterno al contatore, eppoi lo spostamento di fase tra i due campi motori che deve essere $\frac{\pi}{2}$ nel caso in cui il circuito non sia induttivo, e (A) $\frac{\pi}{2} + \Psi$ se vi è uno spostamento Ψ fra I ed e.

Stabilite queste condizioni generali una volta per tutte, passiamo a vedere in che modo noi le abbiamo praticamente realizzate dal punto di vista del funzionamento.

"Cosinus „ BL (Tav. I).

L'organo mobile del « BL » è formato da una campana in alluminio *C*, fissa su di un asse di acciaio *A*, il quale è terminato nella parte inferiore con un perno a punta che lavora su una piletta in zaffiro, la parte superiore termina invece con una vite senza fine *V*, che comanda il contatore di giri o *totalizzatore*.

Le indicazioni del quadrante danno delle indicazioni proporzionali a ω'.

Il freno è formato da un disco piatto in alluminio *D*, fissato pur esso sull'albero *A* e passa fra i poli di uno o più magneti, secondo i casi.

L'induttore è formato da un anello composto di lamine di ferro *N*, munito di tre espansioni polari *N*, *N'*, *N''* che racchiudono la campana *C*, nell'interno della quale vi è un nocciolo eccentrico *M*, pure composto di lamine di ferro.

Questo nocciolo ha per ufficio di concentrare le linee di forza e di *rinforzare la coppia motrice* e, come si vedrà in seguito, permette di regolare lo zero del contatore e la sua sensibilità per muoversi a piccolo carico.

Per ridurre gli avvolgimenti di filo grosso sulle masse polari, si è intercalato sul circuito principale una self *S*, ai morsetti *b* e *b'*, dalla quale sono derivati i fili che formano gli avvolgimenti in filo grosso.

Digitized by Google

Tav. I.

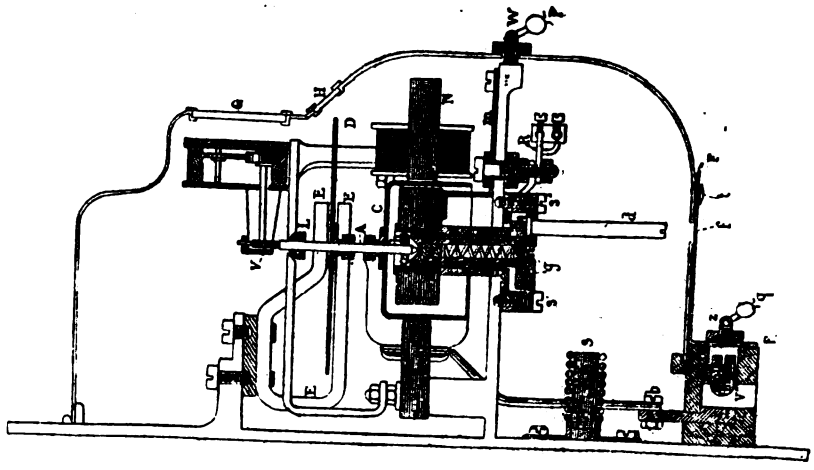


Fig. 3.

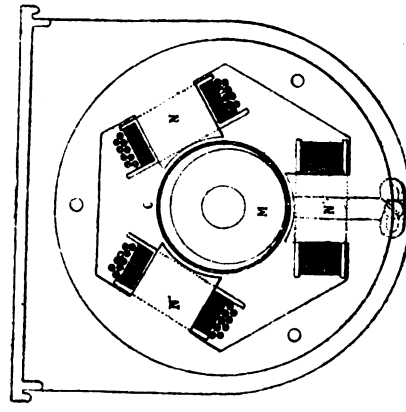


Fig. 2.

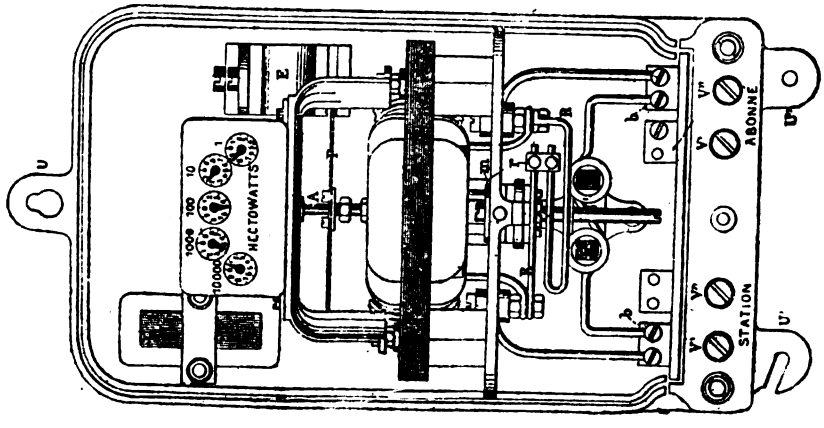


Fig. 1.

Digitized by Google

Regolando questa self e la resistenza in serie R, si farà passare negli avvolgimenti una parte solamente della corrente principale.

Facilmente è dimostrato che il rapporto della corrente derivata a quella totale è costante, qualunque sia il valore della corrente totale.

Per ottenere il campo f con uno spostamento conveniente riguardo al campo F, s'interpone nella derivazione a filo sottile una opportuna self K.

Calcolando esattamente questi quattro elementi:

1° Resistenza in serie sulla corrente principale R;

2° Self sulla corrente principale S;

3° Self sulla corrente derivata K;

4° Eccentricità del nocciolo interno M; si arriva a realizzare la condizione (A) più sopra detta.

Questi calcoli, fatti una volta per sempre in stabilimento, non occorre mutarle in seguito.

Descrizione degli organi del contatore.

1° AVVOLGIMENTI. — L'avvolgimento principale preso ai morsetti della self S, in serie sul circuito principale, è composto di due bobine in serie sulle masse polari N e N'.

L'avvolgimento in derivazione è frazionato, con rapporto conveniente sulle tre bobine sulle masse polari N, N', N''.

Nei contatori superiori a 100 ampère gli avvolgimenti in filo grosso sono formati da lamine di dimensioni convenienti.

2° RESISTENZA IN SERIE. — Il pezzo mobile r serve a regolare la resistenza al momento della taratura in laboratorio. Una volta fissato, e non variando il numero dei periodi, non deve più essere spostato.

3° NOCCIOLO CENTRALE. — L'eccentricità del nocciolo è tale che movendo la leva m, si varia l'intraferro rispettivamente alle masse polari N, N', N''.

Questo spostamento del nocciolo permette di regolare l'avviamento del contatore ai piccoli carichi, ed anche coll'aiuto della resistenza R, di soddisfare alla condizione (A).

4° MORSETTI. — I morsetti sono posti nella parte inferiore del contatore e sono fusi in una massa isolante (ambroina), come quelli da molto tempo in uso pei contatori *Vulcain*.

5° COPERCHIO. — Il coperchio è fatto in modo da assicurare una chiusura perfetta e proteggere tutti gli organi del contatore.

Digitized by Google

A tal uopo una scanalatura, sullo zoccolo in ghisa e nella massa isolante di ambroina, riceve il coperchio.

Il coperchio ha due finestre: quella in *G* permette di leggere le indicazioni del quadrante, quella in *H* permette di contare i giri del disco senza togliere il coperchio.

La vite *W* serve a fissare il coperchio e mantenerlo nella scanalatura; ponendo un suggello a piombo *p* su questa vite si può permettere all'agente incaricato della posa in opera, di accedere ai morsetti ed alla vite *d*, impedendogli però qualsiasi manomissione agli organi principali, manomissione che potrebbe compromettere la taratura stabilita.

Con la squadra *FF*, la vite *Z* ed il suggello *q*, messi dall'agente, si proteggono i morsetti contro ogni tentativo di frode da parte dell'abbonato.

Il contatore porta quindi due suggelli: uno di laboratorio ed uno dell'agente incaricato della posa in opera.

6° IMMOBILIZZAZIONE DELL'ALBERO. — Avvitando la vite a gambo lungo *d*, si solleva il pezzo *g*, che solleva a sua volta il cono *h*, fisso all'albero; il cono *h* viene così ad urtare il supporto del totalizzatore, e la parte mobile resta in tal modo immobilizzata.

Quando il contatore è installato dall'abbonato basta svitare completamente la vite *d* per rendere libero l'albero.

Disposizione delle connessioni.

1° CIRCUITI MONOFASI.

Prima disposizione (fig. 1). — I due conduttori della linea esterna si fissano ai morsetti *a* e *b*.

Quelli della linea di utilizzazione si prendono ai morsetti *c* e *d*.

Le lettere *S* ed *A*, impresse nel blocco isolante, significano:

S — Stazione.

A — Abbonato.

Seconda disposizione (fig. 2). — Un solo conduttore della linea esterna è fissato al morsetto *a;* un solo conduttore della linea di utilizzazione è preso al morsetto *d*; in *K* si fa una derivazione sul secondo conduttore e la si connette in *b* e *c*.

2° CIRCUITI TRIFASICI EQUILIBRATI (fig. 3).

In questo caso il contatore serve a registrare l'energia totale. È munito però di un totalizzatore speciale.

Digitized by Google

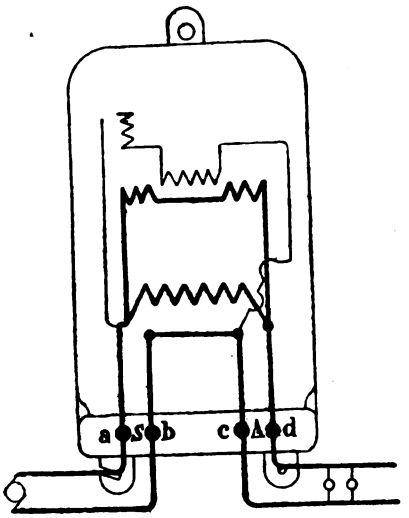


Fig. 1.

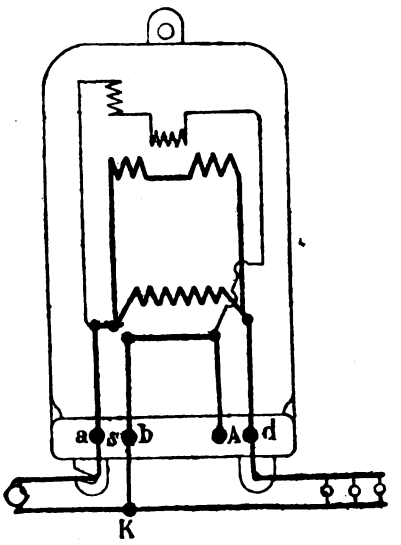


Fig. 2.

Se il circuito 1 che attraversa il contatore la derivazione sarà presa come è indicata nella fig. 3 tra 1 e 3 (*Kc*). Ciò obbliga a conoscere il senso *f* della circolazione delle correnti nella rete.

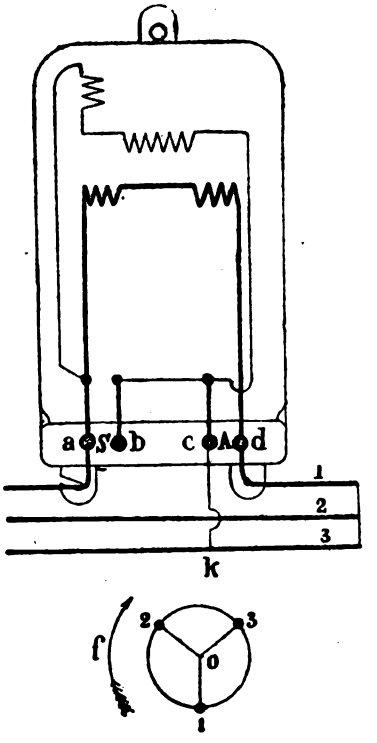


Fig. 3.

Taratura.

I contatori sono messi in commercio già tarati, ma è consigliabile di operare una nuova taratura nel laboratorio dell'officina, prima della posa in opera.

Ecco come si procede alla taratura ed alla regolazione del contatore.

Per costruzione, quando un contatore di questo sistema misura una potenza eguale alla sua capacità massima, la parte mobile fa un giro al minuto secondo. Si possono facilmente contare questi giri servendosi di un punto fisso e di una macchia che esiste sul disco, come punti di riferimento.

Digitized by Google

La velocità per minuto secondo è misurata in numero di giri dalla frazione

$$\frac{N}{T}$$

dove N è il numero di giri contati neltempo T in secondi.

La potenza W da registrare è proporzionale alla velocità, quindi

$$W = K\frac{N}{T} \qquad [1]$$

dove K è una costante.

Ora quando W è uguale alla potenza massima del contatore in watts il disco fa un giro in un minuto secondo, vale a dire:

$$N = T \text{ o } \frac{N}{T} = 1$$

Perciò chiamando P questa potenza, si ha:

$$P = K\frac{N}{T}$$

ma

$$\frac{N}{T} = 1$$

dunque

$$P = K$$

e portando questo valore di K nella formola [1], si ha:

$$W = P\frac{N}{T}$$

Questa è la formula di taratura dei contatori « Cosinus » di qualsiasi potenza.

Contatore " Cosinus „ IR.

Il contatore prima descritto per i circuiti che alimentano delle piccole o medie installazioni di luce e forza, ha un unico difetto, quello di essere relativamente elevato di prezzo; a ciò rimedia il tipo IR, e da quanto esporremo ora, circa la teoria e la pratica del suo funzionamento, basterà per dimostrare che la diminuzione delle dimensioni esterne non fu fatta a detrimento della sensibilità e dell'esattezza del funzionamento.

Digitized by Google

Teoria del funzionamento del contatore IR.

La teoria di questo contatore è la stessa di quella già indicata per il contatore « Cosinus BL ».

Se ripigliamo la formola

$$\omega' = \frac{C\omega F f \cos \Psi}{K} = A\,\omega\, I e \cos \Psi,$$

A essendo una costante generale si ha che riesce chiaro che la velocità dipende dalla frequenza ω della data corrente, dunque la taratura di tale contatore dipenderà da questa frequenza.

L'esperienza sola ci dice in quali limiti viene ad esercitarsi questa influenza.

Per un dato apparecchio si può ritenere la frequenza costante, ed allora la formola diventa

$$\omega' = REI \cos \Psi = Rp$$

ed il contatore misura l'energia da registrarsi.

Quanto sopra esposto non fa che ripetere le conclusioni a cui già si è giunti. Vediamo ora la differenza esistente fra il contatore BL e l'IR nei loro diversi organi.

Descrizione del contatore " Cosinus „ IR.

Ispirandosi alle condizioni indicate nella teoria noi abbiamo realizzato la disposizione molto semplice che qui vedesi.

L'organo mobile serve nel medesimo tempo da freno con il magnete permanente *E;* ed è formato da una campana di rame (*C*), fissata sopra un asse (*A*) di acciaio, terminato da una punta che riposa sopra un zaffiro.

L'induttore è formato da un insieme *N* in lamina di ferro a due braccia, composto di tante piastrine sovrapposte le une sulle altre.

I due bracci sono muniti alle loro estremità di tre denti (1, 2, 3). La campana si muove fra questi denti; all'interno trovasi il nocciolo *M* in ferro dolce extra, formante da concentratore di linee di forze e servendo nel medesimo tempo a regolare il contatore ed il suo avviamento sotto carica debole.

Digitized by Google

Per ottenere questo un braccio D permette di spostare questo nocciolo nel senso conveniente, in modo da far variare gl' interferri davanti i denti delle estremità dell'induttore e quindi, secondo un fenomeno ben conosciuto, di provocare il movimento della campana; per esempio la figura 4 mostra che l' interferro davanti 1 è più debole che davanti 3, e quindi la campana girerà nel senso della freccia f.

Si può così regolare l'avviamento con tutta la precisione voluta, essendo il braccio D comandato da due viti V e v a passo molto fino.

Un ponte formato da lamine di ferro è posto fra l'estremità del

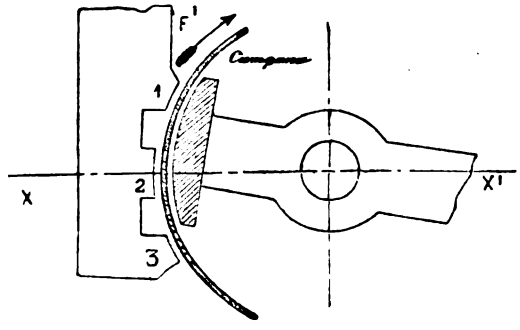


Fig. 4.

pezzo N e serve ad aumentare considerevolmente la self induzione del rocchetto di derivazione, e realizzare lo spostamento di $\frac{\pi}{2}$ fra i due flussi motori che un rocchetto S in serie con il filo fino permette di regolare esattamente al laboratorio.

Allora la più grande parte del flusso h si chiude in P, mentre l'altra parte si chiude in M.

Questa serve a produrne la coppia motrice.

La condizione dunque che permette di produrre sull'organo mobile due campi motori H e h rettangolari è in questo modo realizzata.

L'avvolgimento a grosso filo distribuito sopra i bracci del pezzo N è tale che esso è nel medesimo tempo sopra i due bracci di questo pezzo; ne risulta che i flussi prodotti, opponendosi nel pezzo stesso, sono sollecitati a fermarsi localmente intorno all'avvolgimento.

Causa i denti alle estremità del nucleo N, questi flussi si chiudono di preferenza pel cammino di minor resistenza, come lo dimostra la figura 2 (Tav. II).

La disposizione delle connessure per circuiti monofasi è identica alla seconda disposizione per il BL; e così pure la taratura.

Digitized by Google

TAV. II.

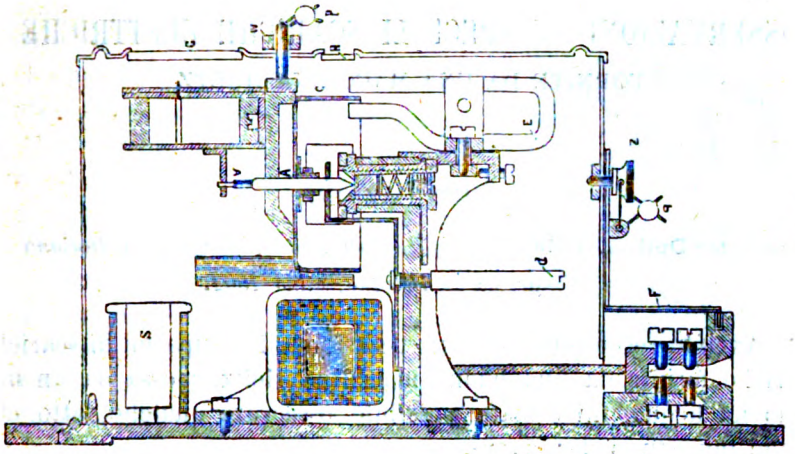


Fig. 3

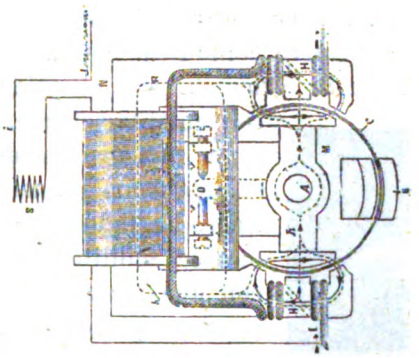


Fig. 2.

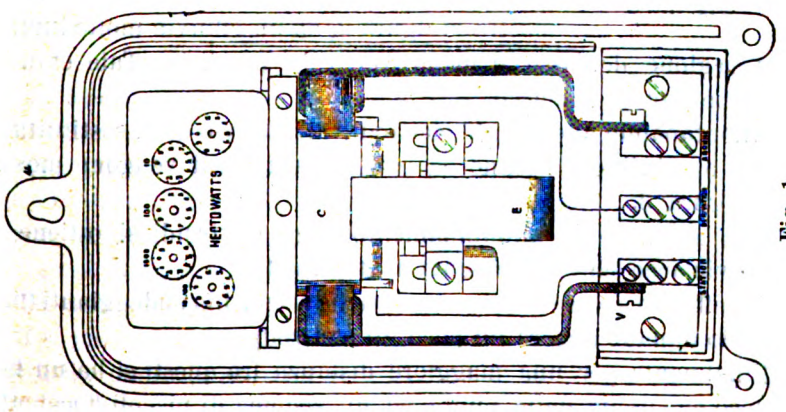


Fig. 1.

Digitized by Google

N. 33.

OSSERVAZIONI SU SPECIALI SCARICHE ELETTRICHE

FORNITE DA UNA MACCHINA HOLTZ

COMUNICAZIONE

fatta dal **Dott. L. AMADUZZI** *all'Associazione Elettrotecnica Italiana al Congresso di Bologna, anno 1904.*

1. Avendo recentemente avuto occasione di occuparmi di scariche elettriche fornite da una buona macchina Holtz, mossa da un motorino ad acqua, mi è stato possibile osservare qualche fatto che ritengo opportuno descrivere.

2. Facendo comunicare i due conduttori della macchina priva di condensatori coi conduttori di uno spinterometro, per modo che il conduttore negativo comunichi con un disco, ed il positivo con una punta smussa in forma di semi elissoide molto allungato, per una conveniente velocità di rotazione della macchina e per una piccola distanza fra punta e disco, si producono numerose e nutrite scintille rettilinee. La figura 1 mostra l'andamento delle numerose scintille, che nella fotografia, ottenuta con una piccola posa, hanno impressionata una porzione piuttosto grande della lastra sensibile.

Fig. 1.

Allontanando un poco gli elettrodi dello spinterometro, le scintille vengono sostituite, come mostra la figura 2, da un effluvio molto luminoso nella regione dell'asse, e meno verso la periferia. Tale effluvio è di un bel colore violaceo.

Allontanando ancora gli elettrodi, all'effluvio vien sostituita una scarica a scintille finissime ed ondeggianti quali vengono mostrate dalla figura 3.

Con un ulteriore allontanamento degli elettroidi si ottiene l'effluvio violaceo che rappresenta la figura 4.

All'effluvio succedono nuove scariche a scintilla ondeggianti (fig. 5), se si allontanano ancora un poco gli elettrodi.

Finalmente per una maggiore distanza fra questi si ha un fiocco violaceo emanante dalla punta ed un sistema di piccoli fiocchetti di un color violaceo più intenso lungo la periferia del disco.

Digitized by Google

La figura 6 mostra la cosa nei limiti consentiti dalla impressionabilità delle ordinarie lastre fotografiche per opera degli effluvi violacei.

La punta smussa usata come elettrodo positivo fu, a volta una punta di carbone, a volta una punta di zinco. La punta di carbone presentava però l'inconveniente di disaggregarsi con molta facilità, così da renderne necessario il rinnovamento dopo poche esperienze.

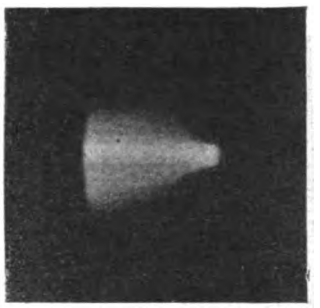


Fig. 2.

L'altro elettrodo in forma di disco poteva essere in metallo od in carbone.

Quest'ultima materia si mostrò la meglio adatta perchè priva dell'inconveniente di ossidazione superficiale inevitabile con dischi metallici. Ed è noto che la ossidazione superficiale degli elettrodi fra i quali si operano scariche elettriche, ha una notevole influenza nel fenomeno di scarica.

Fig. 3.

Tenuto conto di tutto sembrò opportuno adoprare, di preferenza, come elettrodo positivo una punta di zinco, e come elettrodo negativo un disco di carbone.

Alternative spiccate e abbastanza singolari si ottengono anche con elettrodi di altre forme che non sieno quelle ora descritte; ma data la varietà dei fenomeni ed anche la poca costanza, è forse opportuno non considerarli minutamente in questa esposizione sommaria.

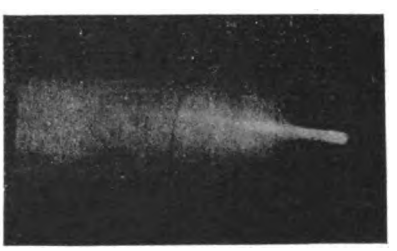


Fig. 4.

3. Le alternative descritte per il caso in cui si adoperino come elettrodi una punta ed un disco sono quelle che si producono nella maggioranza de' casi. Va tuttavia notato che esse vengono a volte sostituite da una semplice alternativa, per cui si passa dalle scintille rettilinee all'effluvio violaceo, da questo alle scintille ondeggianti e da queste al fiocco emanante della punta.

Le condizioni per cui alla doppia alternativa si sostituisce la semplice non si possono facilmente desumere.

Digitized by Google

Come pure appariscono ben poco definibili le cause del fatto per cui talvolta, fra gli stessi elettrodi capaci di dare la doppia e la semplice alternativa, si hanno, per una piccola distanza, scintille rettilinee; poi, per quelle distanze cui, nella semplice alternativa, corrisponderebbe l'effluvio, nessun fenomeno luminoso; finalmente, per distanze maggiori, scintille ondeggianti; ed in ultimo, per distanze ancora più grandi, il fiocco alla punta ed i fiocchetti al disco.

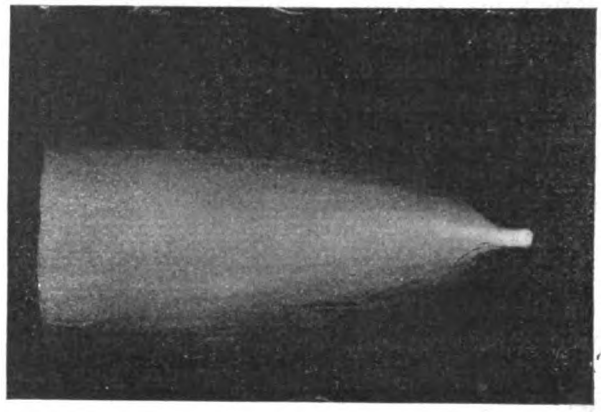


Fig. 5.

Noto che questo strano fatto, non osservabile da me a volontà, mi occorse spesso quando, in antecedenza, nel luogo stesso ove stava lo spinterometro, avevo prodotte scariche nutrite, e quando avevo oprato un buon riscaldamento del disco.

Tutti i fatti ora descritti appariscono molto strettamente dipendenti dalle condizioni atmosferiche.

La qual cosa sembrerebbe assai bene dimostrata da ciò che in certi giorni essi non si producono affatto. In altri invece dell'effluvio diffuso si ha un pennello quale è rappresentato dalla figura 9.

4. Allorchè fra gli elettrodi si produce o la doppia o la semplice alternativa di effluvio e scintille, ma più specialmente e nettamente in quest'ultimo caso, spostando a gradi e con qualche lentezza l'elettrodo mobile dello spinterometro si ha, durante la fase di effluvio, la emissione di suoni purissimi.

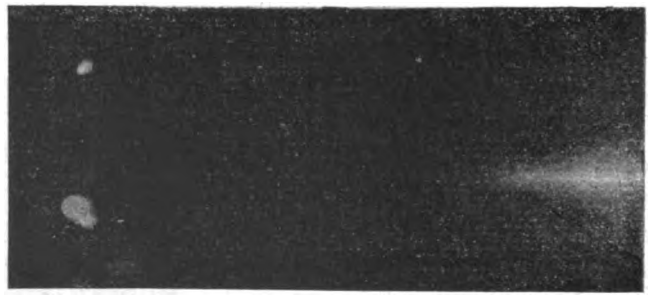


Fig. 6.

Digitized by Google

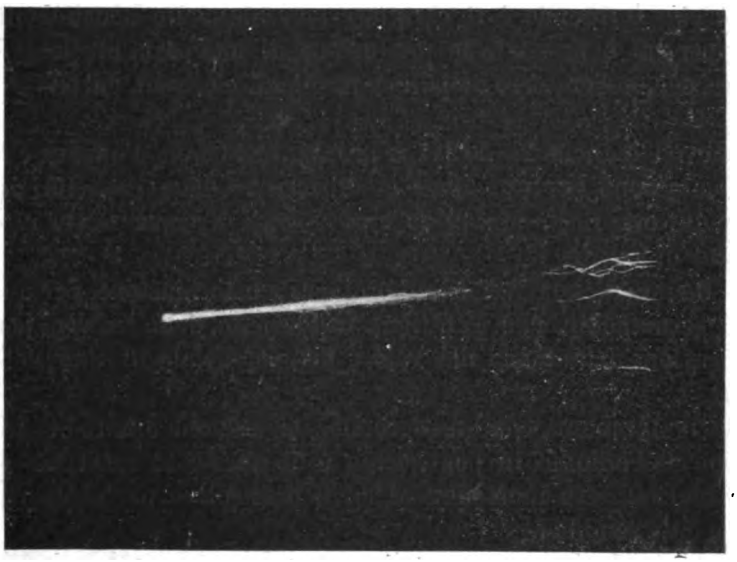


Fig. 7.

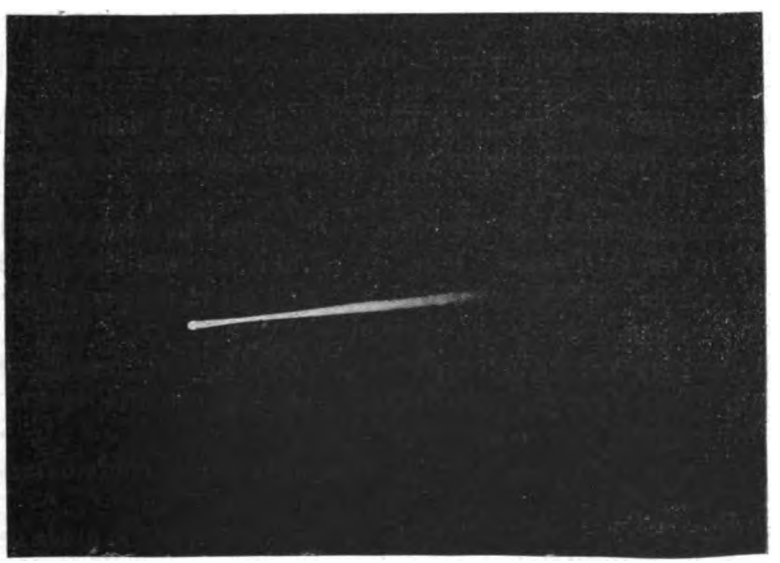


Fig 8.

Digitized by Google

Che si producano suoni in tali circostanze non può stupire, anzi, la cosa è perfettamente giustificabile.

Ciò che sorprende è il carattere spiccatamente acustico di tali suoni, per cui è possibile la produzione di una scala musicale pura, che procede, col crescere della distanza degli elettrodi, dai suoni acuti ai gravi.

Notevole è anche la decisa e pronta variazione d'altezza che tali suoni subiscono per una lieve modificazione della capacità di uno dei conduttori. Basta una piccola variazione di capacità per ottenere un salto di ottava.

5. Degna di nota mi è sembrata la trasformazione, per qualche tempo permanente, che si ottiene nell'aspetto della scarica, per una modificazione istantanea del valore del potenziale di uno dei conduttori.

Già il Jaumann, con una speciale disposizione ottenne la trasformazione dell'effluvio in pennacchio e di questo in scintilla. Ma la trasformazione era momentanea, ed il dispositivo per ottenerla non era dei più semplici.

A me fu dato raggiungere, in maniera facile ed assai evidente, una trasformazione che poi permaneva per qualche tempo così da permettere l'esecuzione di fotografie.

La variazione del potenziale veniva ottenuta sia ponendo il conduttore, il cui potenziale doveva venir abbassato, in comunicazione con l'armatura interna di un condensatore che aveva l'altra armatura in comunicazione con la terra, sia stabilendone la comunicazione diretta col suolo.

Riferendoci alle condizioni ordinarie per cui si hanno le alternative descritte nel paragrafo 2, le cose procedono nel modo seguente:

La comunicazione del disco col suolo porta alla formazione della scarica in filetto luminoso, quando si è alla distanza massima delle prime scariche ondeggianti, e precisamente nella regione limite fra queste scariche e il secondo effluvio.

Il contatto del conduttore a punta col suolo dà cessazione di effluvio finchè dura il contatto. Poi, cessato il contatto, si ha una serie di scariche rumorose e frequenti.

Talvolta si ha la soppressione di ogni effetto di effluvio durante e dopo il contatto.

Se le condizioni atmosferiche sono favorevoli a che si abbia senza altro nelle condizioni ordinarie una scarica a pennello fra punta e

Digitized by Google

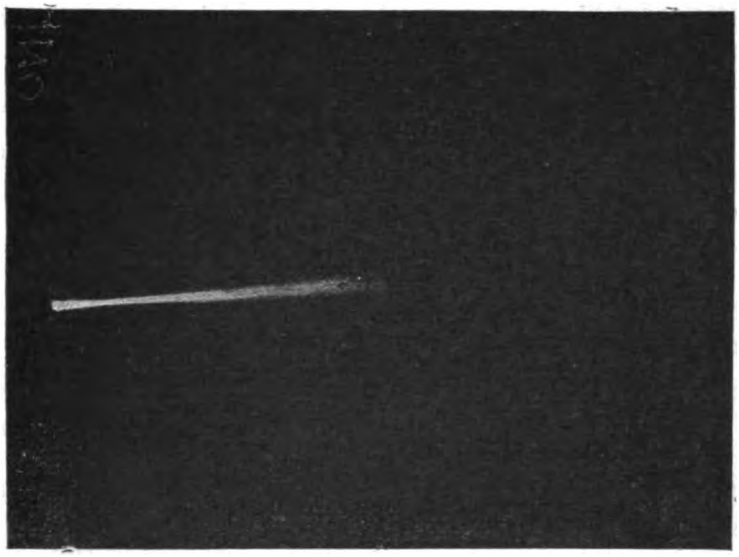


Fig. 9.

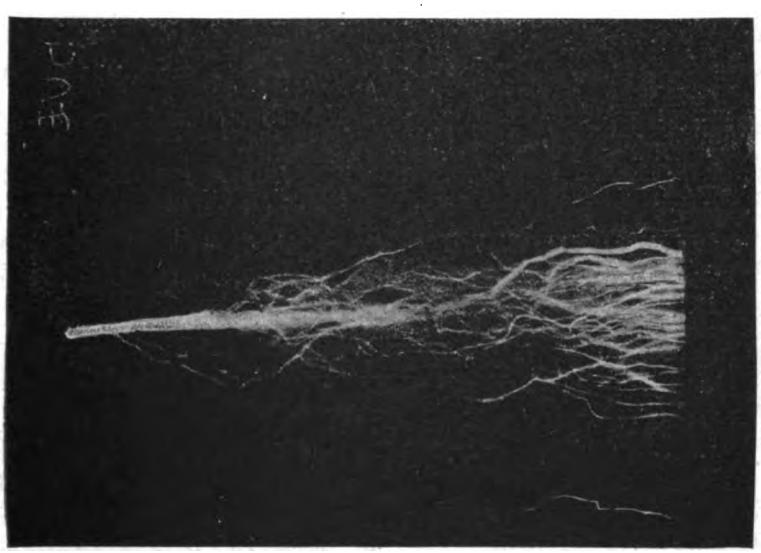


Fig. 10.

Digitized by Google

disco, basta porre in comunicazione col condensatore o col suolo il conduttore positivo per ottenere che tal pennello si trasformi in una scarica a scintille ondeggianti che dura qualche tempo, per trasformarsi poi spontaneamente di nuovo in pennello come mostra la figura 11.

Una bella trasformazione è quella rappresentata dalle figure 7 e 8.

Gli elettrodi dello spinterometro erano stati posti a tale distanza da avere fra essi una scarica a scintille, quale è rappresentata dalla figura 7.

Una istantanea comunicazione del conduttore negativo col suolo trasformò la scarica in un pennello luminoso quale è rappresentato dalla figura 8.

Le figure 12 e 13 mostrano la trasformazione che si può ottenere ponendo in comunicazione momentanea con l'armatura interna di una buona batteria di bottiglie di Leida che ha l'altra armatura al suolo, il conduttore positivo, quando l'elettrodo positivo dello spinterometro è un disco ed il negativo una sfera.

Prima della comunicazione si ha una scarica rappresentata dalla figura 12, dopo la comunicazione cessa ogni fenomeno di scarica a scintilla, ed il bordo del disco assume una debole luminosità violacea, come rappresenta la figura 13.

La scarica a scintille non ricomincia se non avvicinando gli elettrodi o stabilendo una momentanea comunicazione del conduttore negativo con la batteria preventivamente scaricata.

La ragione dei fatti descritti in questo paragrafo, della permanenza cioè nella trasformazione dell'aspetto della scarica per l'abbassamento del potenziale di uno dei conduttori, sta forse in ciò che rendendo, ad esempio, nullo il potenziale di uno dei conduttori, il potenziale dell'altro diviene quasi doppio, d'onde la modificazione osservata. Ma questo stato di cose non può durare, poichè la dispersione divenuta assai rapida dal conduttore isolato, riconduce i potenziali a poco a poco al valore primitivo.

La modificazione prodotta col momentaneo contatto al suolo, durerà appunto finchè la dispersione non ha prodotto l'effetto descritto.

6. Per ultimo voglio accennare ad un'altra categoria di fenomeni che si osservano facendo uso, oltre che dello spinterometro con punta e disco, anche di tubi a gas rarefatto messi in derivazione fra i conduttori della macchina che adducono allo spinterometro.

Digitized by Google

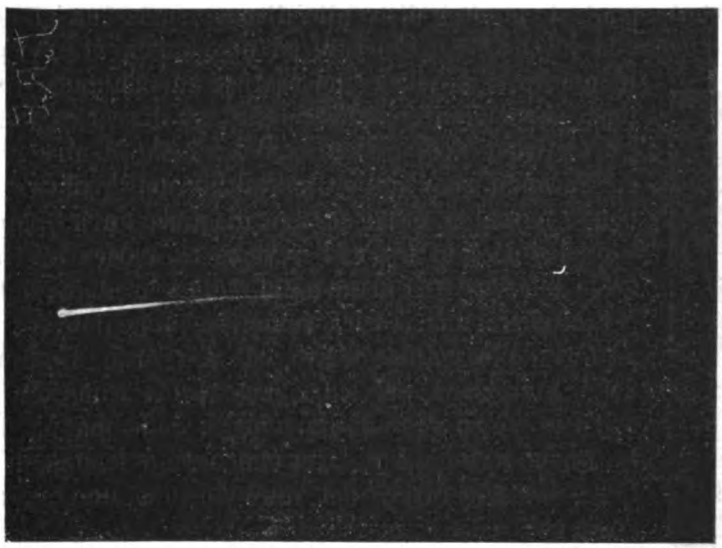


Fig. 11.

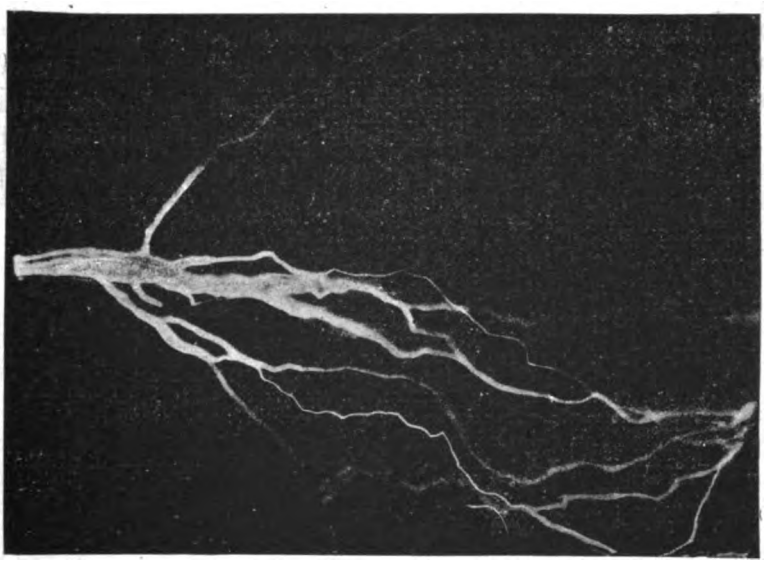


Fig. 12.

Digitized by Google

Collocando in derivazione un lungo tubo contenente un gas rarefatto (io usavo di preferenza un tubo a contenente traccie di vapori di bromo) e ponendo punta a disco alla distanza massima alla quale si ha ancora la scarica, basta toccare ad un estremo il tubo poichè in questo si produca una scarica momentanea e subito dopo si spenga il fenomeno luminoso di scarica tanto fra gli elettrodi dello spinte rometro come dentro il tubo.

Fig. 13.

Facendo uso di un ordinario tubo del Crookes e disponendo punta e disco ad una distanza un po' superiore a quella per cui fra essi avviene la scarica a scintilla, basta adattare una mano sulla regione mediana del tubo per ottenere una scarica rumorosa immediata fra i conduttori dello spinterometro ed una forte diminuzione nella luminosità del tubo. La scarica rumorosa cessa nell'atto stesso dell'allontanamento della mano.

Degno di nota è il fatto che nessun fenomeno si ottiene toccando invece del vetro del tubo, uno qualunque degli elettrodi.

Se punta e disco si collocano ad una distanza piuttosto grande, toccando il tubo si ha un forte aumento nella luminosità verde di fluorescenza del tubo stesso ed un soffio fra punta e disco che accenna ad una tendenza di scarica.

Allontanando la mano cessa immediatamente il fenomeno.

All'azione della mano in questi fenomeni ora descritti non sembrerebbe del tutto estraneo il fatto che per tal modo, col formare una specie di condensatore avente per coibente il vetro del tubo e come una armatura esterna la mano, si varia la distribuzione superficiale della carica nell'interno del tubo stesso.

Digitized by Google

N. 34.

LINEE MODERNE PER TRASMISSIONI ELETTRICHE D'ENERGIA

COMUNICAZIONE

fatta dall' **Ing. G. SEMENZA** *nella Seduta del 23 ottobre 1904 all'Assemblea generale di Bologna.*

Si dice moderno un sistema quando ad esso vengano applicate tutte le nozioni che la scienza e la pratica sono in grado di fornirgli.

Sotto questo riguardo mentre in tutti gli altri rami dell'elettrotecnica, sia nella costruzione del macchinario che in quella degli apparecchi di misura e di manovra, sia nei metodi di segnalazioni che nella posa delle condotture interne e sotterranee, gli ultimi trovati tecnici vengono quotidianamente applicati, questo non avviene invece, salvo rare eccezioni, nella costruzione delle condotture elettriche aeree.

Le linee aeree, che pur rappresentano la parte più delicata delle linee di trasmissione, in generale, sono progettate ed installate coi semplici criteri di una pratica consuetudinaria: pali di legno a 30 o 40 metri di distanza fra loro e fili tesi ad occhio: il tutto dominato dalla preoccupazione dello spendere il meno possibile nell'impianto.

E questo non è metodo particolarmente italiano: in America, in Svizzera, in Francia le cose procedono allo stesso modo; che anzi, se vi è qualche esempio di novità nelle linee, si riscontra appunto in Italia; e se mi sono deciso di portare davanti a voi questo argomento, di cui altre volte ed in altre sedi ho già trattato, è anche per ribadire il carattere nostro di questa evoluzione: malgrado la posizione notevolissima dell'Italia nella scienza elettrica, sono così poche le caratteristiche prettamente italiane dell'industria elettrica, che val la pena d'insistere perchè queste poche vengano conservate e perfezionate.

*
* *

Il problema della costruzione di una linea aerea di trasmissione elettrica, può considerarsi un vero problema d'ingegneria, quando sia posto nei termini seguenti:

Sospendere a degli isolatori un certo numero di fili con una disposizione voluta, in modo da ottenere, colla minima spesa d'impianto o col minimo aggravio annuo, la necessaria stabilità del sistema.

Digitized by Google

Lo svolgimento di questo problema coinvolge le considerazioni seguenti:

I fili vanno, a seconda della natura delle correnti che portano, disposti secondo determinate figure geometriche e a distanze pure stabilite da leggi elettro-magnetiche.

Essendo i fili sospesi ed appoggiati a sostegni, si dispongono a catenarie: le freccie e le tensioni variano colla temperatura e col sopraccarico. Le freccie non devono, nel caso delle massime temperature, portare il filo troppo vicino al suolo, e le tensioni, nel caso della temperatura minima e del sovraccarico, non devono sollecitare il filo al di là del suo carico di sicurezza. Il peso del filo e delle sue reazioni va trasmesso al supporto attraverso all'isolatore, il quale deve quindi alle proprietà elettriche unire quelle meccaniche. Il supporto deve poter resistere alle reazioni dei fili e alle azioni che in diverso modo lo sollecitano, col minor costo possibile. I supporti possono essere posti a distanze più o meno grandi: si deve determinare la distanza più conveniente.

Risolvere questo problema, o meglio questo gruppo di problemi elettrici e meccanici, significa semplicemente applicare alle linee i principî dell'ingegneria, come lo si fa per i ponti, per le tettoie e per qualsiasi altra costruzione.

*
* *

Certamente che lo studio razionale di una linea domanda un lavoro non indifferente di calcoli e di tentativi: è necessario anzitutto eseguire un accurato rilievo topografico del tracciato, calcolare le freccie, le tensioni ed infine applicare i calcoli di stabilità ai supporti.

Se valga o meno la pena di far tanto lavoro, lo dicano i risultati ottenuti ed i perfezionamenti introdotti nelle linee moderne.

Per me, questi risultati sono, come vedremo, veramente notevoli. Basterà fra essi ricordare l'introduzione dei supporti metallici resa possibile e la lunghezza delle portate accresciuta gradualmente da 40 a 60 metri, poi a 80-100 e anche oltre, con grande vantaggio economico e con miglioramento delle condizioni elettriche della linea pel diminuito numero di isolatori.

*
* *

Il procedimento generale del calcolo è abbastanza semplice.

Le forze agenti sulle parti di una linea sono: il peso dei fili, la pressione del vento agente sui fili e sui pali ed il peso della neve o del ghiaccio depositato sui fili. Conosciuto il diametro ed il coeffi-

Digitized by Google

ciente di resistenza del filo, è facile stabilire gli elementi della catenaria nelle due condizioni seguenti:

filo con sovraccarico di neve o vento alla temperatura invernale minima;

filo alla massima temperatura estiva.

La prima condizione dà il modo di calcolare la tensione massima che il filo potrà in qualunque caso sopportare, la seconda la freccia massima che la catenaria potrà assumere.

Quest'ultima ci permette senz'altro di determinare l'altezza del punto di sospensione del filo più basso, perchè esso al centro della catenaria si trovi ad un'altezza voluta sul terreno. La tensione massima serve a calcolare la massima reazione sull'appoggio.

In linea retta e per portate eguali, le tensioni si annullano e la reazione si riduce al peso del filo e alla componente orizzontale della pressione del vento. Pei pali d'angolo, le due tensioni danno una risultante diretta nel piano dell'angolo. Infine, quando due portate non sono eguali, si deve tener conto di una sollecitazione longitudinale. Infatti, la legge che lega le tensioni colle temperature è di tale natura che per portate diverse non si hanno variazioni nella stessa misura: tantochè, se in due portate successive e diverse, si tendano con egual tensione i fili, quando la temperatura cambia le tensioni non sono più eguali, ma possono avere differenze notevoli fra di loro.

Con questi dati si possono facilmente calcolare lo sforzo verticale e quello orizzontale che ciascun filo trasmette al supporto.

Dati allora l'altezza e la posizione dei punti di attacco dei fili e gli sforzi verticali ed orizzontali che trasmettono, si hanno tutti gli elementi pel calcolo del supporto e della sua fondazione. Non bisogna dimenticarsi di tener conto della pressione del vento sul palo stesso.

Così ogni supporto può essere calcolato per resistere agli sforzi cui sono effettivamente sottoposti e si potrà impiegare nella sua costruzione il materiale strettamente necessario.

*
* *

È doveroso che io qui rammenti il nome dell'ing. Giovanni Roethlisberger, cui molto dobbiamo in questa applicazione dell'ingegneria alle linee elettriche. La sua modestia lo rende poco noto fra noi, ma basterà che io ricordi il ponte di Paderno, quello di Trezzo e le numerose altre costruzioni metalliche uscite dalle Officine di Savigliano perchè si abbia a riconoscerne l'alto valore. Egli fu ed è

Digitized by Google

in questa evoluzione delle linee aeree, uno degli iniziatori e sono suoi i concetti ed i metodi che vengono usati in questi calcoli.

***

Ricorderò qui come sia utile studiare anzitutto la linea dal punto di vista economico, per determinare la sezione più conveniente da dare ai conduttori.

Questo studio è intimamente collegato con quello di cui ora ci stiamo occupando, giacchè sarebbe ingiustificato un calcolo razionale di una linea di cui la sezione del filo fosse irrazionalmente scelta.

Passeremo ora ad esaminare partitamente i singoli elementi che debbono essere presi in considerazione nel calcolo di una linea.

Scelta del tracciato.

È ovvio che il tracciato più conveniente per una linea sia il rettilineo; ma forse non tutti si rendono conto della misura in cui sia più conveniente.

È noto come a parità di perdita percentuale la sezione di rame necessario vari col quadrato della lunghezza della linea, e così, se la tortuosità del tracciato aumenta la lunghezza del 20 per cento, rispetto al tracciato rettilineo, il peso del rame aumenta del 44 per cento.

In secondo luogo, invece di pali semplici e leggeri, sono necessari numerosi pali d'angolo.

Ora, il palo d'angolo non solo rappresenta una maggiore spesa d'impianto, ma costituisce altresì un punto debole della linea; giacchè sugli isolatori e sulle membrature del palo d'angolo agiscono sforzi notevoli che mancano sui pali del rettilineo.

Queste ragioni tecniche ed economiche sono tali da consigliare, dove è possibile, il tracciato più breve, anche quando le spese di espropriazione e di servitù di passaggio sono per tale fatto più elevate.

Disposizione dei fili sul supporto.

La scelta della disposizione dei fili è un problema non solo elettrico, ma anche meccanico, nel senso che si deve evitare che, per le oscillazioni dovute al vento o ad altre cause, i fili vengano troppo vicini fra di loro.

Digitized by Google

Colla corrente continua la soluzione è semplicissima, giacchè non vi sono restrizioni elettromagnetiche ed i fili possono essere collocati a qualsiasi distanza fra di loro; condizione che ha fatto predire ai fautori delle trasmissioni a corrente continua in serie un futuro trionfo del loro sistema. Infatti, tolta qualsiasi restrizione sulla distanza e sulla posizione dei fili, si può disporre di uno spazio illimitato per gli isolamenti, e quindi si può spingere a valori altissimi la tensione senza alcun pericolo: e l'argomento, non c'è che dire, è valido.

Le correnti alternate hanno invece altre esigenze: nè diametri troppo grandi, nè distanze troppo ampie e disposizioni simmetriche dei conduttori: la soluzione dev'essere necessariamente un compromesso fra le esigenze elettriche e le meccaniche.

È inutile che mi dilunghi sulla parte riguardante la disposizione dei fili. È noto che la disposizione perfetta di n fili trasportanti corrente alternata è quella dei vertici di un poligono regolare di n lati e distribuiti in modo che i fili appartenenti alle diverse polarità si seguano con permutazione circolare. Così, per 6 fili di un sistema trifase, la disposizione migliore è quella dei vertici dell'esagono regolare, e se i fili sono $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$, dove la stessa lettera rappresenta la stessa polarità, i fili dovranno seguirsi sui vertici dello esagono nell'ordine $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$. Così disposti, ciascun filo si trova nelle identiche condizioni elettromagnetiche rispetto a tutti gli altri.

Questa forma di linea non è però molto pratica, quando i fili siano più di 6, ed allora si può ricorrere, senza introdurre squilibri troppo gravi nella caduta di tensione, al sistema di figure semplici sovrapposte.

Nelle linee trifasi, questa figura è il triangolo equilatero.

Ora, questo triangolo può essere disposto in diverso modo nello spazio, e cioè con un lato verticale o con un lato orizzontale: e vi è una notevole diversità fra i due modi.

Consideriamo, per esempio, la fig. 1 e confrontiamo il modo *A* con quello *B;* elettricamente le due disposizioni sono perfettamente equivalenti, ma meccanicamente sono ben diverse. Basterà, per rendersene conto, esaminare la sezione fatta a metà della campata. I segmenti, che si vedono disegnati, rappresentano le proiezioni delle catenarie dei fili. Per l'azione del vento essi oscillano in modo che i punti più bassi descrivono dei circoli, aventi per centri le proiezioni dei punti di attacco sugli isolatori.

Ora si osservi quanto piccolo sia l'arco di cerchio che debbono percorrere, nel caso della disposizione *A,* i fili per toccarsi, e quanto più ampio sia invece nella disposizione *B.*

Digitized by Google

Ora, siccome il filo prende sotto l'azione del vento una disposizione determinata dalla risultante dello sforzo del vento e della gravità, il massimo angolo di cui il piano della catenaria può spostarsi è determinato in ogni caso. Perciò nella disposizione *B* posso avere

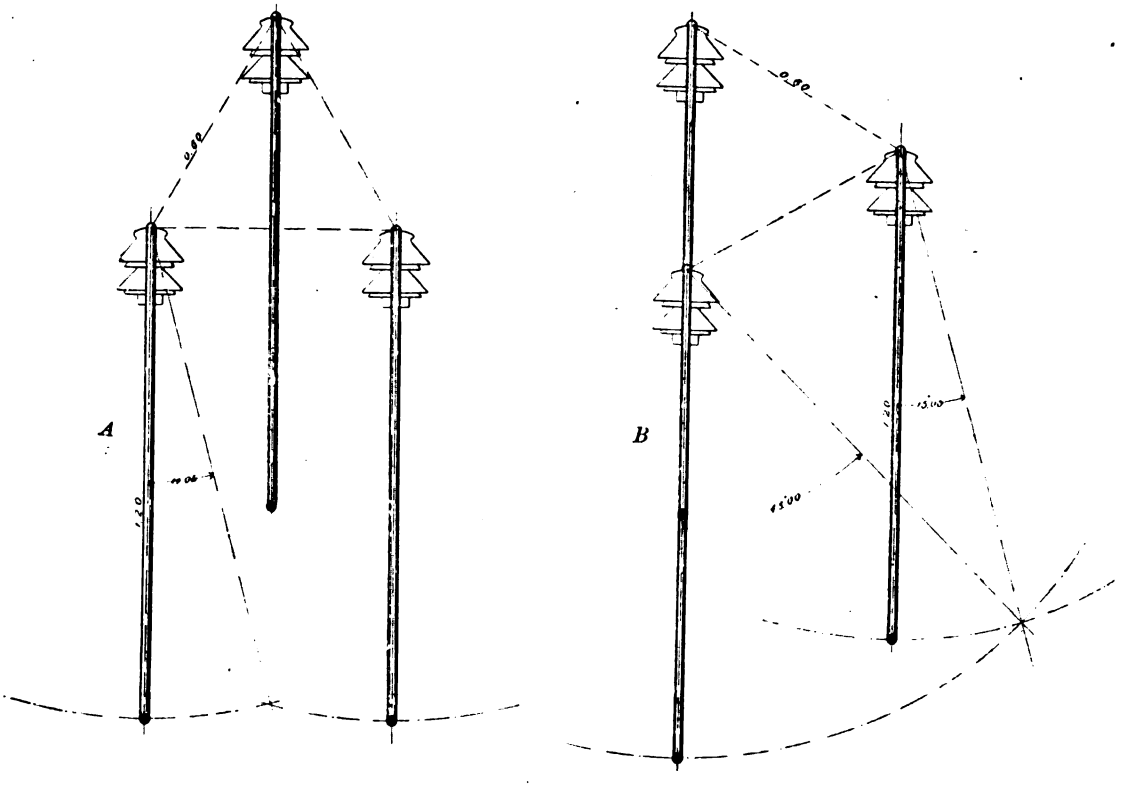


Fig 1.

impunemente delle freccie molto maggiori che nella disposizione *A*, il che si risolve in quest'altra importantissima conclusione, che a parità d'altre condizioni la lunghezza massima delle portate nella disposizione *B* può essere notevolmente superiore che nella disposizione *A*.

Vedremo poi più avanti l'importanza della lunghezza delle portate.

Calcolo della pressione del vento.

La considerazione della pressione del vento ha molta importanza sulla determinazione della distanza dei fili, tanto più che nel caso di tensioni altissime, non solo non debbono i fili toccarsi, ma neppure

Digitized by Google

avvicinarsi tanto da dare adito a scintille disruttive. È quindi interessante poter prevedere lo spostamento del piano della catenaria dovuto al vento.

Sopra questo punto vi sono alcune differenze di vedute. Intanto non è facile mettersi d'accordo sulla massima intensità del vento.

I corpi governativi presumono dei valori eccessivi: esigono che si calcolino le costruzioni per una pressione di 280 kg. per metro quadrato. Quando si pensi che una pressione di 170 kg. basta a rovesciare dei vagoni vuoti posti su di un binario e si rifletta a quanto questo caso sia raro, si capisce come l'assumere pel calcolo che ci interessa un valore sui 180 a 200 kg. sia sufficiente, tanto più che i materiali vengono sempre usati con un coefficiente di sicurezza molto largo.

Resta poi a valutare l'effetto del vento sul filo. In generale si assume che la superficie da considerarsi sia metà della proiezione del filo su un piano, e cioè per un centimetro di lunghezza del filo un rettangolo di area 0.5 d.

Le osservazioni che ebbi spesso occasione di fare su linee in esercizio e calcolate con questo criterio, fecero nascere in me il dubbio che i valori della pressione ottenuti fossero esagerati, giacchè, anche con venti intensissimi, gli spostamenti dei fili apparivano insignificanti.

Trovai poi conferma a questo mio dubbio nella relazione delle geniali esperienze eseguite dai dottori Finzi e Soldati, presentata il 20 maggio del 1902 al Collegio degli ingegneri ed architetti di Milano.

Queste esperienze portano per la pressione del vento su fili piccoli alla formola $P = 3\ 10^{-5}\ d\ v^2$, formola da cui si ottengono valori della pressione notevolmente inferiori a quelli che si ottengono applicando la formola ordinaria.

Le linee di qualche importanza si costruiscono oggi doppie e cioè: se i circuiti sono due o più, vengono separati in due gruppi distanti fra loro di uno spazio sufficiente a permettere le riparazioni su uno dei gruppi mentre l'altro funziona. Si assicura così una continuità nel servizio che con una linea semplice non può essere garantita.

Nel caso di linee doppie e di portate assai lunghe, è necessario assicurarsi che i fili di un gruppo non possano, oscillando, venire a contatto di quelli dell'altro: in caso che il pericolo esistesse, si possono sfalsare le posizioni per modo che non risultino fili nello stesso piano orizzontale (fig. 8).

Digitized by Google

Lunghezza delle portate.

Da quanto precede si può concludere che la sola condizione che limita la lunghezza delle portate sia quella che i fili non possano avvicinarsi troppo per effetto del vento.

All'infuori di questa limitazione, di cui si deve tener conto, non ve ne sono tecnicamente altre, e la determinazione delle portate diventa un problema essenzialmente economico.

È un argomento abbastanza comune che quando la linea deve sopportare sovraccarichi forti di neve o di vento non è prudente usare lunghe tesate. Ora, questa presunzione è affatto falsa. Siamo sempre padroni di dare a qualsiasi tesata di filo una freccia tale che, sotto determinato sovraccarico, non venga sorpassato il limite di elasticità del metallo: e ciò è sufficiente a garantire contro qualsiasi pericolo; e la pratica dimostra che portate anche eccessivamente lunghe si conservano in perfetto stato, purchè calcolate a dovere.

Allungando le portate si diminuisce il numero di isolatori: e questo è un notevole vantaggio che sapranno bene apprezzare quanti hanno avuto a che fare con linee ad alta tensione. L'isolatore, per quanto bene studiato e bene scelto, è il vero punto di debolezza delle linee: ed un solo che se ne rompa fra parecchie migliaia porta disturbi e danni considerevoli.

Ridurre alla metà od al terzo il numero degli isolatori significa quasi ridurre di altrettanto le probabilità delle noie che una linea può dare.

Il problema economico delle portate si delinea quando si consideri che l'aumento di portata diminuisce il numero dei supporti, ma aumenta la loro altezza e gli sforzi che debbono sopportare e quindi il loro peso.

La portata più conveniente è quella che richiede il minor peso di materiale per chilometro di linea, e non può essere determinata che per tentativi successivi.

Le portate lunghe, oltre a rendere elettricamente migliori le linee, richiedono spese di esproprio meno onerose, specialmente se queste sono commisurate al numero degli appoggi.

Speciali vantaggi se ne hanno poi nelle linee di montagna. Un esempio notevole di ciò fornisce la linea del Brembo nella tratta più montuosa (figg. 2 e 3).

Digitized by Google

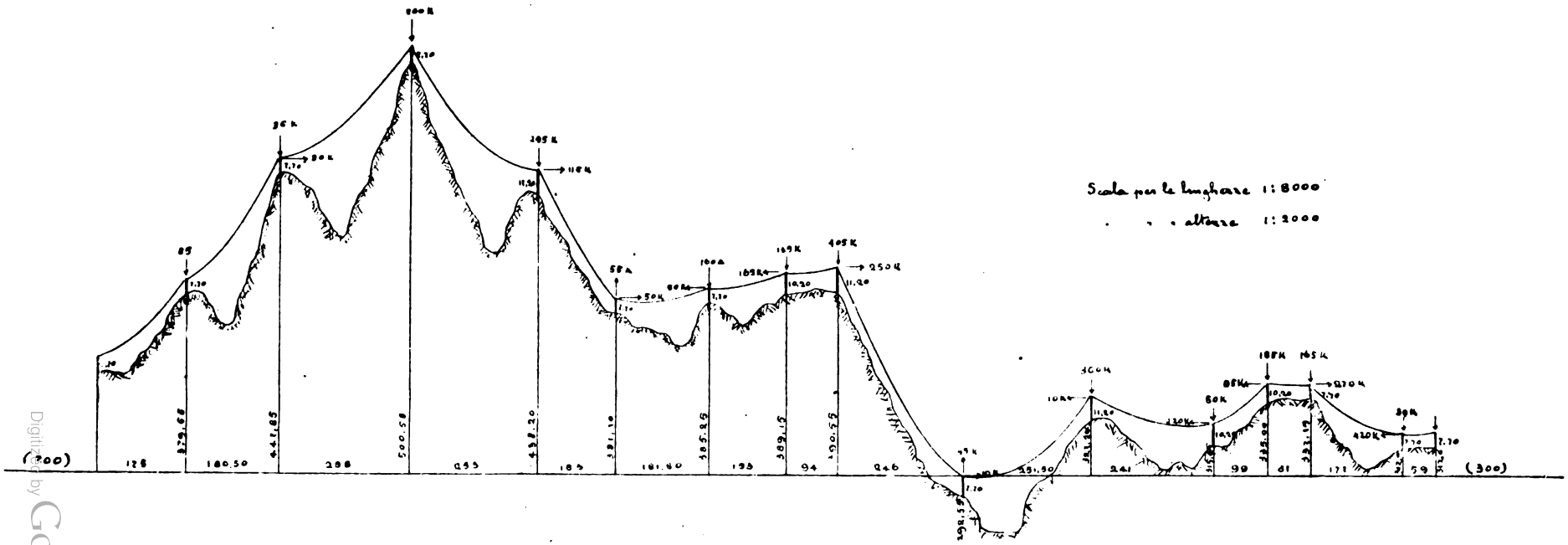


Fig. 2. — Profilo della parte montuosa della linea del Brembo.

Digitized by Google

Quando si tratti di seguire un tracciato altimetricamente accidentato, l'uso di tesate lunghe porta grandi semplificazioni. Si consideri una valletta, nella quale la linea debba scendere e poi risalire.

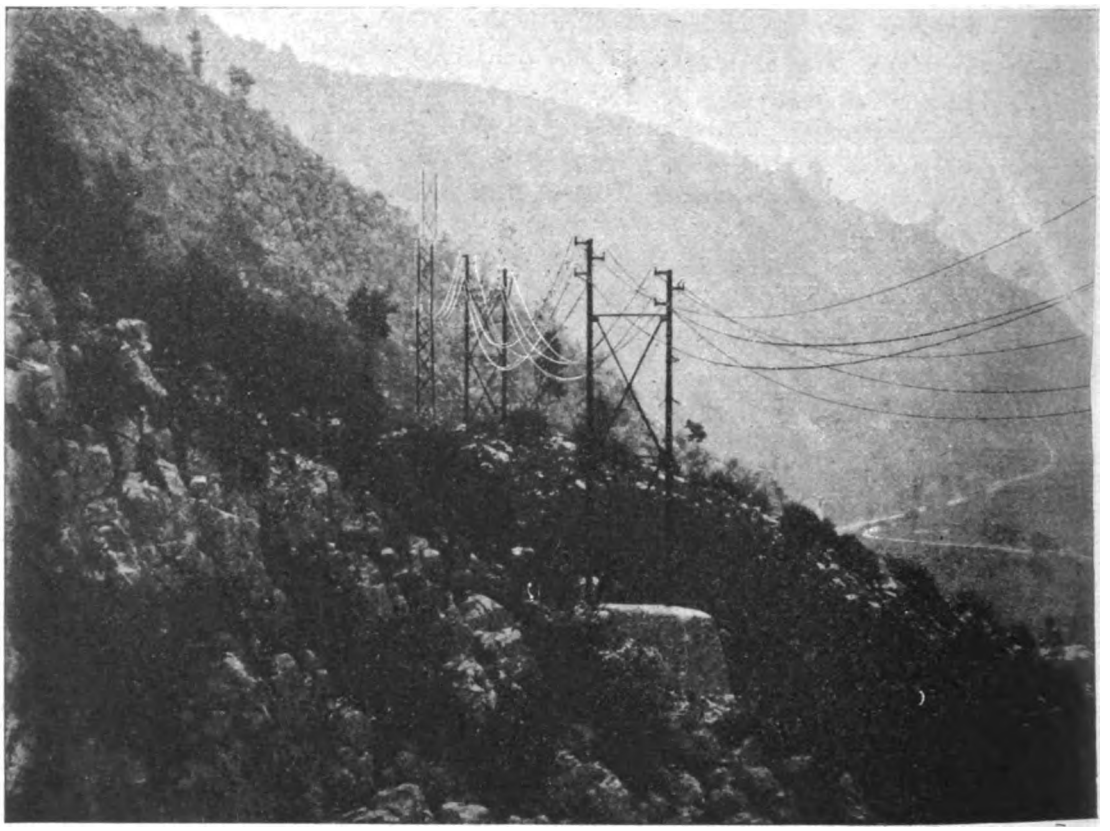


Fig. 3. — Veduta della parte montuosa della linea del Brembo.

Usando portate normali, si hanno parecchi supporti che tendono ad essere strappati in alto dallo sforzo del filo. Se noi sleghiamo il filo da questi supporti, esso si disporrà in catenaria più lunga sui rimanenti supporti.

Si evita quindi così un certo numero di supporti, la cui azione non solo è inutile, ma introduce sforzi dannosi.

Quindi nelle linee moderne la portata media va tenuta per quanto possibile lunga.

Digitized by Google

Materiali costituenti i supporti.

I materiali impiegati per la costruzione dei supporti di linea sono il legno, il ferro ed il cemento armato.

Di quest'ultimo materiale non mi occuperò, non avendo avuto occasione di seguirne il comportamento in pratica; in ogni modo se potrà con convenienza sostituire il ferro, varranno anche per lui le considerazioni che seguono.

Fra il legno ed il ferro i pareri sono ancora oggi divisi: il supporto in legno gode molte simpatie; è più alla mano, costa apparentemente meno, è più comodo a trasportare, si ritiene che offra un migliore isolamento alla linea ed il suo impiego non domanda calcoli laboriosi. È ben vero che è stata recentemente costruita una linea in legno con tesate di 50 metri e con molti fili, e che ad essa si sono, per quanto possibile, applicati i principî dell'ingegneria; ma credo che dopo i risultati delle ultime linee in ferro questo esempio non farà scuola.

Il supporto in ferro ha anch'esso i suoi fautori, fra i quali non esito schierarmi nettamente, quando appena appena si tratti di una linea di qualche importanza.

Abbiamo visto tutta la convenienza dell'adottare portate lunghe; il supporto viene quindi ad assumere, nelle linee moderne, una notevole importanza, perchè notevoli sono gli sforzi che lo sollecitano. Inoltre, per tesate brevi, la resistenza del terreno è sufficiente ad assicurare il palo contro il rovesciamento; per tesate lunghe è, in generale, necessario aumentarne la stabilità con una fondazione pesante; ed è noto come sia pregiudizievole alla durata dei pali di legno il munirli di fondazione in muratura o calcestruzzo. Per le portate lunghe la costruzione in ferro in certo qual modo s'impone.

Ha poi parecchie particolarità che lo rendono pregevole.

Anzitutto la sua durata. Chi costruisce una linea con sani criteri economici, non deve portare in conto soltanto la spesa d'impianto, ma anche e principalmente quella dell'aggravio annuo, dovuto allo ammortamento e alla manutenzione del materiale impiegato. Un supporto in ferro può essere ammortizzato in 30 anni, uno in legno non dura in media più di 8-10 anni; in pianura vi sono esempi di linee in cui i pali non hanno resistito più di 4 o 5 anni.

Il supporto metallico offre una rigidità che è preziosissima. L'ispe-

Digitized by Google

zione di una linea con supporti metallici, dopo 6 o 7 anni di funzionamento, la mostra come fosse appena costrutta: nulla si è mosso, le legature sono ancora al loro posto, gli isolatori e porta-isolatori perfettamente verticali, le tesate tutte regolari. Osservate invece una linea con pali in legno e traverse: malgrado le frequenti riparazioni, i pali si sono piegati, le legature hanno scorso; in alcuni pali l'elica delle fibre si è svolta, facendo così ruotare le traverse, i porta-isolatori sono curvati e tutto l'insieme della struttura, pel ritiro del legname e per l'azione corrosiva della ruggine dei bulloni, è divenuto più o meno sconnesso.

Conseguenza notevole di ciò il diverso lavoro di manutenzione che si rende necessario. La manutenzione di una linea a supporti metallici è insignificante e si riduce ad una inverniciatura periodica, vantaggio non solo economico, ma anche tecnico.

Quanto all'incremento dell'isolamento della linea dovuto al palo in legno, non credo che si tratti di cosa di molto valore. Infatti, se diciamo 1 il valore di isolamento dell'isolatore, quello del palo potrà esprimersi con una cifra decimale dell'ordine dei millesimi o decimillesimi, specie in tempo di pioggia, quando la superficie ne è bagnata.

È vero che nelle linee ad alta tensione in caso di rottura dell'isolatore, col palo in ferro segue quasi certamente un corto circuito di linea, mentre col palo in legno si può sperare che il difetto si svolga in un tempo più lungo. D'altra parte, coi pali in legno è comune il fenomeno della combustione lenta del palo senza che l'isolatore si perfori.

Infine, i supporti metallici si prestano assai facilmente, come vedremo meglio in seguito, per costruire linee doppie.

Un compromesso fra i pali in legno e quelli in ferro si può ottenere coi supporti misti, i quali hanno per base una struttura metallica, mentre la parte superiore o le traverse portanti gli isolatori sono in legno.

Questo tipo di supporto accontenta coloro che hanno fiducia nel potere isolante del legno: in essi è escluso il difetto di durata, dovuto nei pali interamente di legno, al marcire della base a fior di terra, e nello stesso tempo gli isolatori sono assicurati a delle membrature in legno.

Ma questi pali conservano però tutti gli altri difetti del legno, come quello della mancanza di rigidità e della difficoltà di ottenere un buon incastro permanente a cagione del ritiro del legno.

Digitized by Google

Tipi di supporti in ferro.

I primi supporti metallici costrutti erano eccessivamente pesanti. Nel calcolarli, infatti, si partiva dalla considerazione che il supporto dovesse resistere nella ipotesi della rottura di tutti i fili da una parte del supporto stesso. La pratica dimostra essere questa condizione quasi impossibile a verificarsi: la causa della rottura di un fascio di fili, se si presenta, deve essere di tale natura da rovesciare anche i supporti.

Non ho mai avuto notizie della rottura di più di due fili in una stessa campata, e sono ben rari i casi di rottura di un sol filo.

Ma v'era di più: si supponeva che il supporto fosse perfettamente rigido, e cioè: che se prima della rottura vi erano sul palo due tensioni del valore T che si facevano equilibrio, dopo la rottura la sollecitazione sul palo avesse precisamente il valore T. Ora, questo non è esatto: questa tensione T non esisterà che per un istante, perchè sotto la sua sollecitazione il palo si infletterà raccorciando la portata e quindi diminuendo la tensione dei fili.

La misura di questa diminuzione dipende dalla elasticità del palo e può essere in certi casi assai elevata, come vedremo più oltre.

Questa considerazione, insieme a quella di supporre la rottura contemporanea di due soli fili, permise una riduzione notevole nel peso dei pali: i pali della linea di Paderno vennero calcolati con questa ipotesi.

Un'altra condizione era voluta nei primi tempi: che nel caso di linee doppie fossero tenuti metallicamente separati i due supporti.

Ora questo provvedimento si è dimostrato affatto inutile, percui fu possibile collegare insieme i due pali, in modo da avere una struttura unica a larga base, e quindi assai più leggera della somma dei due pali isolati.

Alcuni tipi di pali sono riportati nelle figure annesse.

Il palo della fig. 4 è quello di Paderno per 9 fili da 9 mm. e portate di 60 metri, pesa 400 kg.

Il palo della fig. 5 per portate di 100 metri e per 3 fili da mm. 4, pesa 300 kg.

Il palo della fig. 6 risponde invece ad esigenze speciali. Si trattava di attraversare con una linea doppia di 6 fili di 8 mm. una regione della Francia, in cui il costo degli esproprî era elevatissimo: si voleva quindi restringere il più possibile la base del palo.

Digitized by Google

Questo portò ad un supporto più pesante di quello che si avrebbe avuto con due pali accoppiati: il suo peso è di kg. 810, ma è costrutto

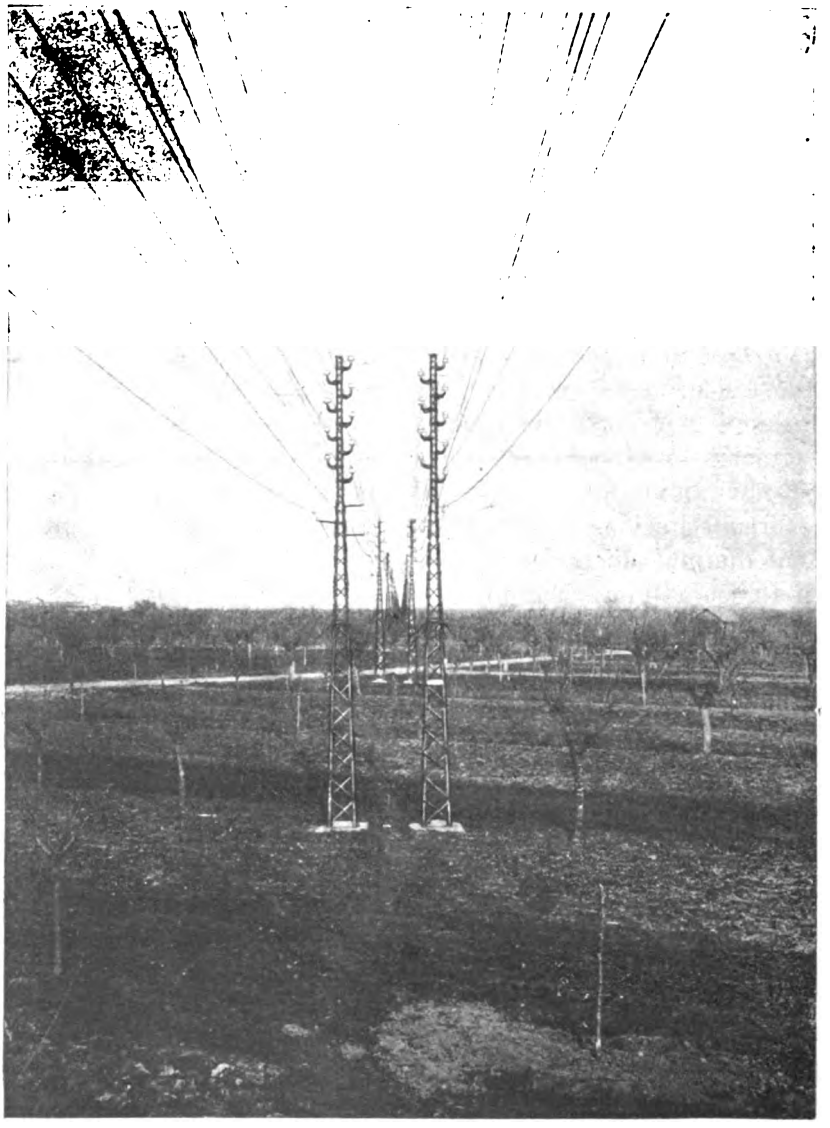


Fig. 4. — Linea Paderno-Milano.

per portate di 100 metri, quindi il peso di ferro per chilometro di linea non è che di kg. 8100; mentre il peso per chilometro di linea di Paderno, che ha portate di 60 metri, è di circa 14,000 kg.

Digitized by Google

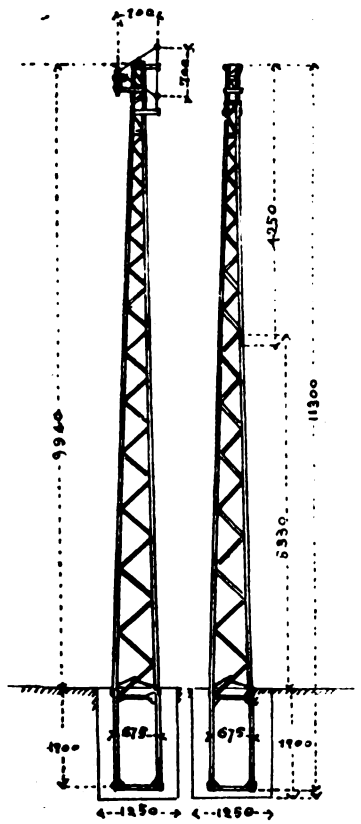


Fig. 5.

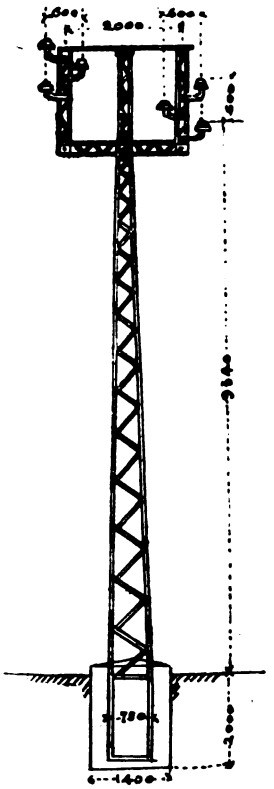


Fig. 6.

Pali elastici.

Ma un ulteriore perfezionamento venne apportato ai supporti metallici, colla costruzione dei pali elastici, usati per la prima volta sulla linea del Brembo, della Società per Imprese Elettriche Conti di Milano, impianto inauguratosi in questi giorni.

Questo tipo di supporto ha avuto origine dalla considerazione seguente: in linea retta e con campate eguali, gli sforzi sollecitanti il supporto sono, all'infuori del peso dei fili, esclusivamente trasversali alla linea; infatti non sono dovuti che alla pressione del vento.

È quindi inutile che il supporto, come si fa di solito, abbia una resistenza nel senso longitudinale: basterà che possa resistere agli sforzi trasversali.

Immaginate due ferri a U paralleli e distanti fra loro un paio di metri e collegati da un sistema indeformabile di ferri angolari, ed

Digitized by Google

avrete un supporto elastico per linea doppia. Un sistema simile presenta una resistenza elevata nella direzione trasversale alla linea a causa della grande dimensione della base in tal senso: nella dire-

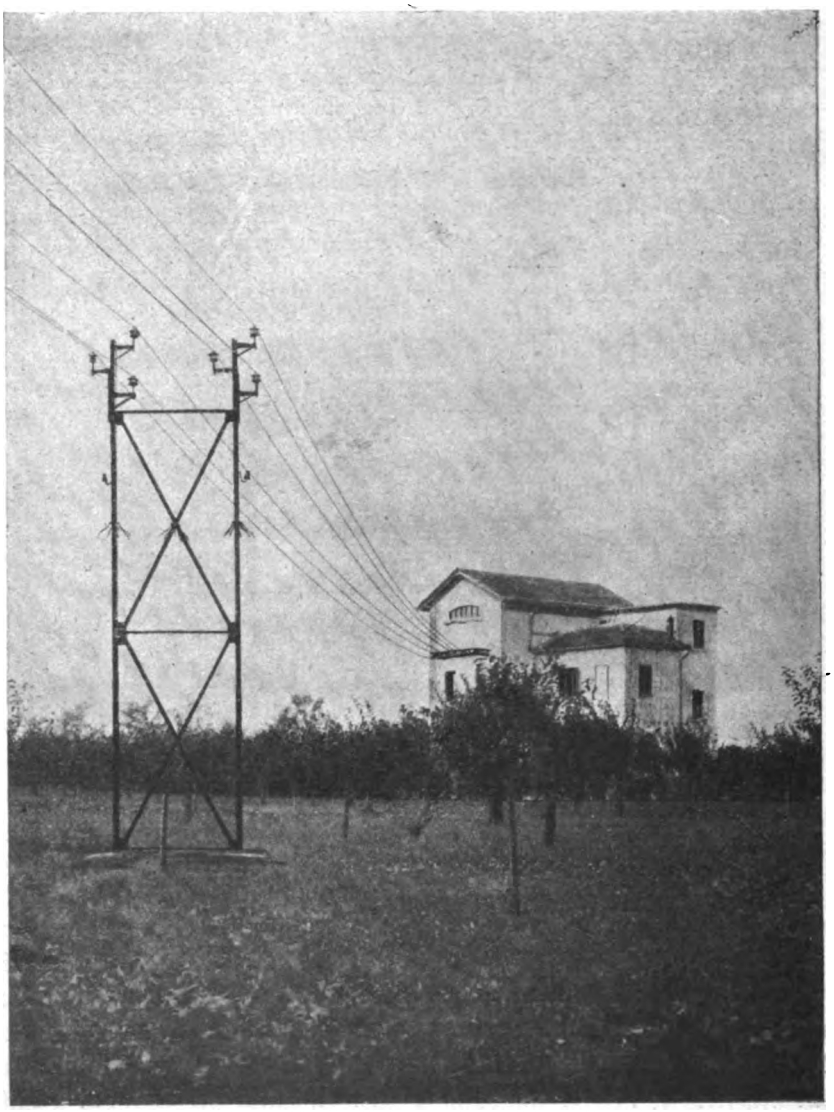


Fig. 7. — Supporto normale della linea del Brembo.

zione longiteudinale è invece perfettamente elastico e può inflettersi circa 40 cm. sulla testa senza subire deformazioni permanenti.

Il supporto della linea del Brembo (fig. 7), disegnato e calcolato dall'ing. Roethlisberger, a cui questa idea molto semplice venne sot-

Digitized by Google

toposta, porta 6 fili di 8 mm. in due gruppi di 3 e pesa kg. 420.

Vediamo ora l'influenza della sua elasticità: fino a che le condizioni sono normali, il palo si trova in perfetta stabilità e può anzi essere usato per angoli della linea dell'ampiezza massima di 170° (10° di deviazione).

Se avvengono rotture di fili, per la sua elasticità il palo piega nel senso longitudinale, e questa inflessione lo scarica.

Come caso estremo consideriamo quello in cui si rompano tutti i fili di una campata, caso più teorico che reale.

Prima della rottura il palo era sollecitato da forze eguali dalle due parti ed era quindi in equilibrio: mancata una delle forze, il supporto, sotto l'azione della sola forza rimasta s'inflette. Ma, come si è già visto, la inflessione diminuisce la lunghezza della campata successiva e quindi la tensione dei fili, ciò che porta anche il secondo supporto ad inflettersi, ma di una quantità minore. Anche il terzo supporto s'inflette, e il quarto e così via, ma sempre con freccie più piccole. Un calcolo elegante e non difficile offre modo di determinare il valore della tensione che risulta, dopo la rottura, sul primo palo. Pel palo della linea del Brembo, essa è pressochè eguale alla metà di quella che solleciterebbe in tal caso un supporto rigido.

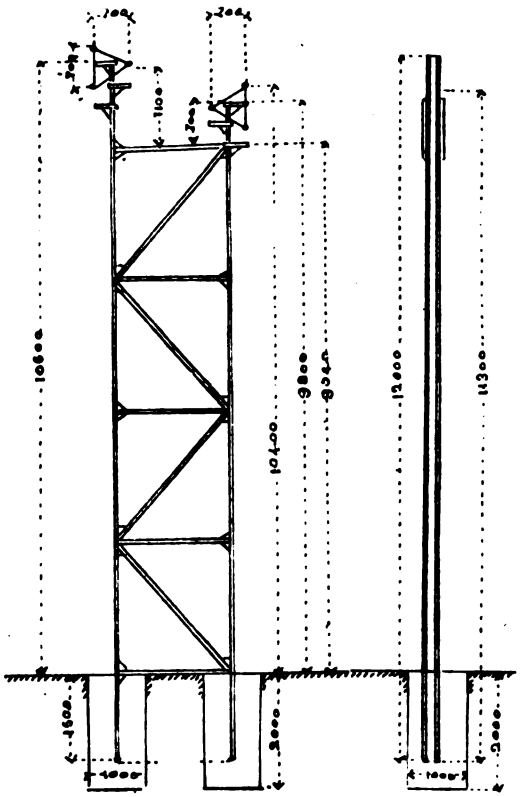


Fig. 8.

Ora, è possibile calcolare il supporto, e quelli usati sin qui sono calcolati così, per modo che resistano a tali sforzi.

Cosicchè si arriva al paradosso che la debolezza del supporto è un coefficiente della sua resistenza.

La Società Conti & C., visto l'ottimo risultato della linea del Brembo, ha adottato lo stesso tipo per la linea che sta costruendo fra Vigevano sul Ticino e Milano.

La fig. 8 mostra il supporto di tale linea, costrutto per portate di 110 metri e che pesa kg. 610.

Digitized by Google

*
* *

Vediamo ora a quali risultati economici porti l'adozione dei pali in ferro. Faremo il confronto di una palificazione in legno e di una in ferro in tre casi particolari.

Il primo sia quello di una linea a 3 fili di 8 mm. di diametro.

Per la palificazione di legno, useremo dei pali robusti a m. 35 di distanza, il che richiede incirca 30 pali e 90 isolatori per chilometro di linea.

Per la palificazione in ferro adotteremo pali a traliccio del tipo della fig. 5, del peso di 300 kg. (che a cent. 34 danno L. 102) disposti a distanza di 100 metri.

La fondazione domanda 2 mc. di calcestruzzo, ossia altre L. 30.

Supponiamo gli altri costi simili ed avremo:

Costo per km. di una linea per 3 fili di 8 mm. (escluso il rame).

PALI IN LEGNO.		PALI IN FERRO.	
30 pali posati a L. 30 . . .	L. 900	10 pali a piè d'opera a L. 102	L. 1020
90 isolatori con gancio a L. 4 .	360	10 fondazioni a L. 30	300
Indennizzi ed espropri	500	Posa dei pali a L. 10	100
Posa della linea	120	30 isolatori e ganci a L. 6 . .	180
		Posa della linea	120
		Espropi ed indennizzi	500
	L. 1880		L. 2220

In secondo luogo considereremo una linea a 6 fili di 8 millimetri montata su di uno stesso palo a traliccio o su uno stesso palo in legno.

Il palo a traliccio pesi 500 kg. e ne necessitino 10 per km.

Per pali in legno assumeremo la distanza di 30 m.

Costo per km. di una linea di 6 fili da 8 mm. (escluso il rame).

PALI IN LEGNO.		PALI IN FERRO.	
35 pali in opera a L. 35 . .	L. 1225	10 pali di kg. 500 a L. 1.34 .	L. 1700
210 isolatori e ganci a L. 4 . .	840	10 fondazioni a L. 40	400
Posa della linea	200	Posa dei pali a L. 12	120
Indennizzi ed espropri	600	60 isolatori a L. 6	360
		Posa della linea	200
		Indennizzi ed espropri	600
	L. 2865		L. 3480

Digitized by Google

Consideriamo in terzo luogo una linea in legno ad un palo e due traverse, confrontata colla linea a pali elastici.

Essi pesano kg. 610 e sono disposti a m. 110 l'uno dall'altro, Risulta il:

Costo per km. di una linea di 6 fili da 8 mm. (escluso il rame).

PALI IN LEGNO.		PALI IN FERRO (elastici).	
35 pali	L. 1225	9 pali a L. 200	L. 1800
Traverse L. 8 per palo	280	9 fondazioni e posa a L. 50	450
210 isolatori	840	54 isolatori a L. 6	324
Posa	200	Posa della linea	200
Indennizzi ed espropri	600	Indennizzi ed espropri	600
	L. 3145		L. 3374

Come si vede, il costo di primo impianto di una palificazione in ferro non supera che di poche centinaia di lire per chilometro quello di una palificazione in legno; ma se poi facciamo il paragone dal punto di vista dell'aggravio annuo, dovuto all'ammortamento, troviamo che l'impiego dei pali metallici, quando si tratti di una linea appena appena importante, è di gran lunga più conveniente dell'impiego di pali in legno. Infatti, basta osservare come la cifra di costo dei pali in legno va ammortizzata in 8 o 10 anni, mentre quella dei pali in ferro può esserlo in 20 o 26 senza timore; al che bisogna poi aggiungere la spesa di manutenzione molto minore per questi ultimi.

*
* *

Tutto il lavoro di calcolo di una linea non avrebbe ragione di essere se poi la posa dei fili non venisse razionalmente eseguita.

Ai fili cioè va data, per ogni temperatura di posa, una tensione diversa, calcolata in base alla tensione massima ammessa nel caso di temperatura minima e filo sovraccaricato. Occorre quindi preparare delle tabelle di posa e usare un termometro col bulbo annegato in un grosso filo di rame, giacchè la temperatura che il filo assume quando esposto al sole è generalmente diversa della temperatura dell'aria.

*
* *

Resterebbe a dire qualcosa sugli isolatori: ma su questo argomento non c'è molto da aggiungere a quanto ebbe ad esporre l'ing. Carcano dinanzi alla sezione di Milano; la sua comunicazione si trova nel fascicolo 4°, vol. VII, anno 1903 degli *Atti*. La pratica di quel

Digitized by Google

poco tempo trascorso fra il marzo 1903 ad oggi, non ha fatto che confermare le sue conclusioni. Credo però il caso di ritornare su un punto assai importante: che gl'isolatori debbano essere meccanicamente robusti, proprietà cui non viene data molta importanza nella fabbricazione odierna.

E ragione di ciò è soprattutto che chi costruisce linee dà eccessiva importanza al costo dell'isolatore e richiede isolatori di basso prezzo. Questo è un errore grave e non giustificato: infatti, l'isolatore entra nel costo dell'intera linea per una quota relativamente bassa, mentre il rompersi di un isolatore porta conseguenze e danni diretti ed indiretti assai rilevanti. Una lira di più spesa in ciascun isolatore, può dare una sicurezza di funzionamento notevolmente maggiore.

È necessario quindi abbondare nelle dimensioni degl'isolatori, è ciò può essere tanto più facilmente fatto, nelle linee a lunghe tesate, per il diminuito numero degl'isolatori stessi.

*
* *

Riassumendo, le linee moderne presentano come caratteristiche una disposizione razionale dei fili, dei supporti metallici leggeri e delle tesate lunghe, degli isolatori largamente dimensionati. Il tutto vien calcolato in modo che i fili non sieno mai sottoposti a sforzi eccedenti i limiti prudenziali e che i supporti abbiano il peso necessario e sufficiente a resistere agli sforzi che li sollecitano. Vengono condotte in generale, quanto più possibile, in linea retta attraverso la campagna.

I loro pregi sono: l'economia d'esercizio, la manutenzione non gravosa e una rigidità e indeformabilità di tutto il sistema: quindi sono in esse meno probabili i guasti e le interruzioni di servizio.

*
* *

Come ebbi a dire, fu in Italia che si costruirono le prime linee razionali. Ricordisi quella di Paderno, quella di Lanzo-Torinese, della Novalese a Torino, a pali rigidi e quelle del Brembo e del Ticino con pali elastici.

All'estero molte linee furono costrutte con pali in ferro, ma pochissime con vedute moderne: citerò fra queste ultime quella di Schwyz in Svizzera e quella di Clermont-Ferrand in Francia; ma, singolare a dirsi, in ambo i casi l'ingegnere progettante era un italiano.

Perciò noi possiamo considerare questa evoluzione delle linee un po' come nostra e tenerci anche a conservarla contro l'importazione

Digitized by Google

da altri paesi, e specie dall'America, di sistemi di linee assolutamente irrazionali: e chiudo facendo un vivo appello ai colleghi, perchè vogliano, prima di costruire una linea coi metodi ordinari, darsi la pena di calcolarla coi concetti esposti in questa comunicazione.

DISCUSSIONE.

Prof. ARNÒ. Domanda all'ing. Semenza se ha fatto determinazioni per dedurre il valore della capacità elettrostatica presentata dei vari tipi di isolatori studiati.

Ing. SEMENZA. Esperienze per la determinazione dell'ordine di grandezza della capacità degli isolatori non sono state fatte, ma, per quanto era necessario, si sono eseguite delle prove di confronto. È risultato che gl'isolatori che presentano la minima capacità sono quelli che hanno una prima campana molto grande e distanziata molto dalla seconda, e per contrario presentano la massima capacità quelli che hanno la campana più esterna ravvolgente e vicina quella più interna, proprio quelli tipo americano.

Ing. BENEDETTI. Desidera delle delucidazioni circa il modo di legatura del filo all'isolatore, dettaglio che può acquistare grande importanza quando le campane diventino lunghe quanto propone l'ing. Semenza.

Ing. SEMENZA. Le legature sono quelle ordinarie anche in questi casi, giacchè essendo il filo di legatura più duro di quello della linea, si formano degli incassi nel filo di linea dove si annida quello della legatura ed ogni scorrimento risulta impedito.

Ing. DE BENEDETTI. Eppure io ho esempi di linee con campate non troppo forti, con filo del diametro di mm. $4^1/_2$ nelle quali le legature non hanno resistito.

Ing. SEMENZA. Si potrebbero adottare alcuni tipi di legature meccaniche che furono studiate, ma non si usano perchè costano troppo cari.

Ing DEL BUONO. Domanda se si ritiene conveniente sezionare la linea di trasmissione allo scopo anche di proteggerla in punti intermedi, con mezzi adatti, dalle scariche temporalesche.

Ing. SEMENZA. È questa un'ottima pratica, ma bisogna pensare al lato economico della cosa che consiglia di ridurre questi sezionamenti al minimo possibile.

Digitized by Google

N. 35.

L'IMPIANTO IDROELETTRICO DEL CELLINA

NOTIZIE

comunicate dagli **Ingegneri A. ZENARI** *ed* **A. PITTER**

all'Assemblea generale del 1904.

I. PARTE IDRAULICA.

Ing. A. ZENARI.

Il viaggiatore percorrente la via ferrata che da Venezia mena al confine orientale, passate le verdeggianti colline di Conegliano, che vanno smorzandosi tosto al di là di questa stazione, giunto in prossimità di Sacile vede balzare immediato dalla pianura, ergentesi per oltre 2000 metri su di essa, gigantesco nella sua massa cretacea, il monte Cavallo. Dietro il velario di quelle creste che si profilano sul cielo in direzione sud-ovest-nord-est, lambendone il piede e ricevendone copioso contributo d'acqua, corre il fiume Cellina.

Altra quadruplice serie di catene montuose, quasi parallele alle prime, e spingentisi fin oltre i 2700 metri di altitudine, costituisce l'intero bacino del corso, che l'ultima catena divide da quello del Tagliamento, e che il Piave limita ad est, ed il Meduna all'ovest. Sono 453 chilometri quadrati di bacino imbrifero apparente che concorrono ad arricchire il fiume dall'origine sino al punto ove viene da noi imprigionato.

Dico di bacino imbrifero apparente, poichè la disposizione stratigrafica delle roccie costituenti l'alpe di questa valle, permette di credere che anche parte dell'acqua cadente sui bacini contermini concorra, permeando fra gli strati, ad aumentarne la portata. Anzi taluno ritenne che questa potesse essere la spiegazione dell'elevato coefficiente del tributo d'acqua fornito da ogni chilometro quadrato (circa 30 litri al 1″) anche nelle massime magre, visto che pur esistendo nevai nelle altissime zone, tuttavia nè sono molto estesi, nè danno luogo a veri ghiacciai. Non escludendo il fatto, penso però che altre e più serie sieno le cause per le quali il Cellina ha le magre normali di circa 20 metri cubi, e magre eccezionali, che l'esperienza farebbe credere pressochè decennali, di circa mc. 13.

Saglientissimo è il fatto dell'enorme quantità d'acqua cadente sul bacino in un anno. È notorio che il Friuli è la regione più piovosa

Digitized by Google

d'Italia, ma fra le zone del Friuli piovosissima è la nostra. Un ventennio di osservazioni quasi, dal 1887, precisano a Maniago, che non sarebbe il punto più piovoso (che dovrebbe essere Claut, ma dove disgraziatamente non si hanno idrometri) una media nell'altezza annua della pioggia caduta in mm. 2351 con un massimo di 3040.

La ragione di tanta pioggia è ovvia, quando si consideri che i cinque diaframmi costituiti dalle cinque catene parallele di monti che formano il bacino, sono immediatamente opposti ai venti caldi ed umidi che sorvolano l'Adriatico; e che vengono a precipitare le acque che tengono sospese, su quella serie di condensatori. È questa stessa la causa per cui anche le medie delle pioggie mensili non differiscono fortemente nei diversi mesi, mentre infatti, salvo i mesi estremi di gennaio con mm. 117 ed ottobre con mm. 310, gli altri oscillano attorno a mm. 200 con 164 in agosto e 255 in maggio.

Ma questa regolare distribuzione delle pioggie è anche maggiormente ripartita dalle condizioni geologiche del terreno. Sono montagne di rilevante altezza, tutte superiori, come ho detto, ai m. 2000, costituite da roccie calcari fortemente stratificate e largamente fessurate, presentanti in modo marcatissimo i fenomeni carsici, e perciò appunto come il Carso, ricche d'antri, di grotte, di caverne. In questo immane ammasso permeabilissimo, l'acqua s'infiltra e si raccoglie: e annida come in un'immensa spugna, e circola nel dedalo di tutte queste fessure e di questi meandri sino che viene restituita al collettore Cellina, nelle numerosissime e copiose sorgenti che popolano la valle, fortemente erosa nell'alta pila degli strati.

Non è dunque il solo bacino scolante superficiale che bisogna considerare, ma un assai più importante bacino sotterraneo, il quale può anche essere più esteso di quello apparente.

Ed un altro fenomeno concorre a mantenere la perennità di queste acque, fenomeno che io non saprei meglio descrivere che con le parole stesse con cui lo descrive l'illustre prof. Taramelli Torquato in un suo studio sui terreni alluvionali del Friuli.

« Nella parte più ampia della valle, che per tempo fu sgombra dai ghiacciai, esiste una larga zona d'alluvioni su cui sorgono Cimolais e Claut; e che per la regolarità e vastità, assai bene si distingue dalle morene rimestate, e per la profondità dei terrazzi e pel livellamento, dalle frane e dalle alluvioni postglaciali. Limitata a valle dalla gola ristretta e profonda, scolpita in roccia calcare compatta, in cui si rinserra il Cellina, avvenne che nell'epoca delle abbondanti pioggie dell'epoca glaciale, quando la gola era ancora più ristretta e meno profonda che non al presente, ed ingombra ad ogni passo

Digitized by Google

dalle deiezioni dei numerosi burroni, che vi confluiscono, le acque raccolte nel bacino a monte trovassero per essa meno facile deflusso. Quel bacino pertanto fu in quell'epoca a più riprese e per periodi più o meno lunghi allagato ed interrato dai materiali convogliati, dai tre grossi affluenti del Cellina che in quel bacino versano, cioè il Cellina propriamente detto, il Settimana ed il Cimoliana. L'alluvione fluvio-lacustre si accumulò potentissima, attingendo un livello assai superiore al pelo attuale delle acqua. Nel periodo posteriore, quando le acque diminuirono, entrando nella fase terrazzante, quell'alluvione fu incisa, erosa, fino a raggiungere in qualche punto la roccia, e dappertutto mettendo allo scoperto strati argillosi impermeabili, dovuti alle fasi d'allagamento del bacino.

La loro presenza ed il loro affioramento, per la praticata erosione, fa sì che in corrispondenza ad esse si hanno copiose scaturigini d'acqua, abbondantissima anche assai tempo dopo cessate le pioggie, cui sono dovute».

Queste peculiari condizioni locali avevano attratta, sino da quasi 12 anni or fanno, la mia attenzione, e mi avevano fatta rivolgere la mente alla convenienza di approfittare di quel tesoro d'energia fino allora con quelle acque inutilmente disperso.

E nel vagliarne i modi e le convenienze, apparvemi chiaro che meno interessava approfittare della naturale cadente del fiume, di quello che disporre le opere in modo da aprire la via ad un più largo e più completo sfruttamento che felici disposizioni dei siti permettevano.

Durante l'epoca glaciale, il mare Adriatico si spingeva entro terra ove ora sorgono Udine, Pordenone e tutti i paesi della bassa regione friulana, e veniva a lambire le falde del masso del Cavallo. In esso sfociava direttamente il Cellina con una massa di acqua che doveva essere enorme, perchè costituita da quelle sue proprie unite e quelle provenienti dal disgelo dei due ghiacciai del Piave e del Tagliamento che, soverchiati i displuvî limitanti i loro bacini, erano venuti a congiungersi al ghiacciaio del Cellina stesso.

Questa enorme massa d'acqua convogliò allora una stupefacente quantità di detriti con la quale eresse la gigantesca mole che costituisce la conoide alluvionale del fiume e che col vertice nel punto di sbocco della valle, ove oggi sorge Montereale, si estende in lunghezza con le ghiaie fin oltre Pordenone, raggiungendo lungo la falda del monte Cavallo le scaturigini del Livenza, che distano da Montereale km. 20. Il vertice, prima che il fiume si terrazzasse lungo la generatrice diretta a Pordenone, era sopraelevato dal mare circa 330 metri,

Digitized by Google

come lo dimostra il piano limitante il terrazzo, mentre l'estremo della generatrice lungo il Cavallo non vi sovrasta che m. 35. Utilizzare tale dislivello, o almeno disporre le cose in modo che sia sempre facile il farlo, fu il concetto fondamentale d'onde partii.

Ciò che fu adunque fatto fin qui, e che descriverò tosto, non è che l'attuazione parziale dell'idea; ma contiene tutte quelle opere che la rendono in progresso di tempo completamente realizzabile.

In corrispondenza all'abitato di Grizzo, che è frazione di Montereale, il massiccio del Cavallo si allunga in uno sperone sottile, che separa la valle dal piano esterno. Si presentava ovvio di perforarlo trasversalmente, e di qui estrarre la corrente del fiume. Ma perchè il letto di questo è sensibilmente meno elevato della campagna esterna immediata alla falda del monte, e d'altronde conveniva così condurre le cose da ottenere un primo salto utilizzando anche la cadente interna del Cellina, così la galleria fu prolungata in un canale escavato in cornice nelle roccie erose quasi a picco della Rofla in cui il Cellina è serrato, e che venne spinto fin poco sotto l'ultimo importante influente del Cellina, il Molassa.

Fu opera faticosa e dura, poichè non un sentiero esisteva in quella stretta gola fino allora inaccessibile ed inaccessa; gola d'altissima ed orrida montagna, benchè così poco elevata sul mare; ad ogni passo avanzato cogli escavi era passo guadagnato a spese di pericolo per gli operai, e per noi anche, sostenuti quasi sempre alle funi cui era forza assicurarsi, e a spese purtroppo qualche volta di vita.

In un punto ove la gola diventava più angusta, pur avendo a valle una strozzatura che determinando in un caso di piena un rigurgito sul piede della traversa permette una certa protezione contro l'azione corrodente dell'acqua soverchiante; e dove un grande masso roccioso affiorante concedeva un solido appoggio, fu eretta la diga di sbarramento.

Alta 14 metri sul pelo normale dell'acqua nelle condizioni naturali, ed in corrispondenza alla porzione destinata a sfioratore, ha una lunghezza complessiva di m. 32.68 fra vivo e vivo delle spalle estreme. Spessa in sommità m. 4, si mantiene tale per m. 3.10, poi la parete a valle si conforma ad arco di cerchio per un'altezza di m. 5, raccordandosi ad un piano inclinato e faciente un angolo di 38°.27′ coll'orizzonte. In corrispondenza al pelo normale del fiume ha uno spessore di m. 16.

Ha doppia funzione, di elevare l'acqua onde possasi immettere nel canale, la cui presa è immediatamente di fianco alla traversa, e ne forma in certo qual modo una continuazione, e di attuare me-

Digitized by Google

diante una sopraelevazione di m. 3.50 oltre il pelo abituale di sfioramento, un serbatoio per i periodi delle magre eccezionali. Come manufatto destinato all'alimentazione del canale è diviso in due parti che tendono a scopi diversi. Sulla destra, in contatto coll'edificio di presa, è conformata a sfioratore su una lunghezza di m. 11.60 e delimita il livello dell'acqua nei periodi in cui la portata del fiume e del canale sono eguali, o prossimamente eguali, lasciando eventualmente sfuggire, senza ricorrere a manovre, le piccole eccedenze.

Sulla sinistra sono aperte quattro luci di m. 3.17 d'ampiezza, ciascuna, colla soglia abbassata di m. 3.50 sotto il piano di sfioramento e destinate a fungere da scaricatori nei periodi d'acqua abbondanti. Quattro grandi saracinesche, che abbassate hanno la sommità a livello del piano di sfioramento, servono a regolare lo scarico dell'acqua in eccesso, e vengono manovrate meccanicamente con motori elettrici disposti sul ponte che corona l'intero edifizio.

Non esistendo scaricatori di fondo, è chiaro che il letto di ghiaie del fiume tenderà ad elevarsi sino alla soglia degli scaricatori. Fu per ciò che questa venne tenuta più bassa che non la soglia all'incile del canale. La differenza tuttavia sarebbe troppo piccola (cm. 50) per lasciar sperare che le ghiaie non si introducessero nel canale. L'acqua non entra perciò in questo dal fiume direttamente, ma soltanto soverchiando con stramazzo rigurgitato un diaframma in muro anteposto alle bocche di presa ed alto m. 1.40 sulla soglia degli scaricatori.

Fra il diaframma murario e la presa è interposto un pozzetto, profondo un metro sotto il piano inferiore del canale, nel quale l'acqua, che entrandovi perde ogni velocità, sarà costretta a depositare i materiali pesanti che eventualmente tenesse ancora sospesi, e che saranno immediatamente spazzati per un condotto che attraversa il corpo della diga, e che aperto in tempo di piena, viene da apposita saracinesca chiuso nei periodi normali.

La presa propriamente detta è costituita da due bocche rettangolari, larghe m. 2 ciascuna, ed alte m. 3, regolabili con saracinesche, ed incise in una parete muraria, soverchiante l'altezza delle massime piene e che impedisce a queste d'invadere il canale.

Ho già accennato che la traversa può agire anche per creare un serbatoio nei periodi delle massime magre. Ciò si ottiene assai semplicemente sovrapponendo un'opportuna panconata alle porte metalliche degli scaricatori, e disponendo altre panconate al di sopra dello sfioratore, sul quale appunto per ciò vennero erette due pile murarie coi necessari gargani.

Digitized by Google

La valle deserta a monte può essere senza inconvenienti invasa dall'acqua, e questo semplice mezzo permette di immagazzinare oltre 300,000 metri cubi. Non è certamente una ingente quantità; ma poichè nelle ore notturne il lavoro si ridurrà a poca cosa, ed è prevedibile che il consumo sarà appena di 6 o 7 metri cubi al secondo, ragguagliati all'intera notte, così il serbatoio permetterà di conservare gli altri sei o sette nelle massime magre per utilizzarli di giorno, talchè anche in quei periodi nelle ore diurne potrà essere conservata al canale la portata integrale per cui venne costrutto, cioè metri cubi 20.

Come costituzione il canale può venire considerato diviso in due parti: quella interna, alla rofla, e quella esterna prospettante la pianura.

Intagliata la prima, e ne fu già cenno, in cornice nella roccia sostenuta da un seguito ininterrotto di muraglioni, di archi, di acquedotti, di gallerie, contenuta verso il fiume da un muro a sezione trapezia con scarpa esterna sviluppantesi su una superficie liscia, rivestito all'interno contro la roccia, e sul fondo, onde impedire le permeazioni e le perdite, procede costituendo veramente un unico manufatto dalla presa fino all'imbocco della grande galleria di deviazione, percorrendo nella gola m. 4328.10.

L'acqua fluirà in questo tronco sempre con moto uniforme in sezione e pendenza invariabili con velocità costante e pari a m. 1.84 al 1″. La sezione che ha m. 4 di base e m. 2.70 di altezza e la pendenza, che è di cent. 60 per ogni chilometro, non si modificano che in due punti del canale per dar luogo a due scaricatori destinati all'eventuale pulizia dello stesso, dalle ghiaie o detriti che vi penetrassero. Perchè il materiale non possa facilmente procedere lungo l'acquedotto in corrispondenza agli sghiaiatori il fondo del canale è spezzato e ribassato, mentre la soglia del manufatto si raccorda con rapido pendìo al fondo normale. Tanto l'edificio di scarico, quanto il canale subito a valle di quello, sono interclusi e regolati da paratoie metalliche, cosicchè anche l'intero volume d'acqua potrebbe essere smaltito dallo scaricatore.

Le condizioni orografiche della valle orrida sono tali da rendere assai facili i distacchi di massi, gli scoscendimenti franosi, e le valanghe di neve, queste benchè non grossissime poichè l'eccessivo pendìo rende impossibile il soffermarsi di quella in alti strati, tuttavia in cambio assai numerose. Era ovvia la necessità d'impedire che da tali fenomeni potessero derivare interruzioni all'esercizio, che sarebbero disastrose. Buona parte, oltre due terzi, si dovettero perciò

Digitized by Google

ricoprire, ciò che fu fatto o con vere gallerie artificiali, o voltando sopra il canale delle volte a vela costrutte in calcestruzzo di cemento armato.

E poichè si veniva così a costruire un piano assai comodamente praticabile, si chiamarono i Comuni della valle interna fino ad oggi serrati fra quelle balze, segregati dal mondo, a concorrere nella spesa di adattamento a strada della copertura stessa, che raccordata nei tronchi mancanti, con tratti sviluppati sulle falde superiormente od inferiormente al canale, e collegata alla prima via di servizio già costrutta per la necessità del lavoro ed ampliata allo scopo, svelerà domani una regione d'Italia fino a ieri quasi inesplorata e semi-inaccessibile.

La grande galleria di deviazione, lunga m. 1073, conserva la sezione e la pendenza del canale interno, potrà però essere invasa dall'acqua di rigurgito per un ristagno che verrà prodotto a valle, ad uno scopo e coi modi di cui farò parola avanti. È tutta ricavata in roccia calcare compatta, ma al solito assai stratificata, permeabilissima per ciò all'acqua, che fu incontrata infatti discretamente abbondante.

Si dovettero quindi, onde impedire dispersioni, rivestire anche in questa il fondo ed i fianchi, mentre la calotta potè in buona parte essere mantenuta nuda. Solo qualche tratto più fessurato o infranto dovette essere voltato.

Allo sbocco della galleria, presentandosi al piano, l'acqua in condizione di regime, tocca la quota 338.96. Da questo punto adunque fino a dove la generatrice della conoide del Cellina lambente il Cavallo incontra lo specchio d'acqua della palude della Santissima ove sono le scaturigini del Livenza, è disponibile un dislivello di m. 304 in cifra rotonda.

Il tronco esterno di canale non è, nella sezione e nelle pendenze, così regolare come il tronco interno, e ciò pei diversi manufatti destinati ai diversi scopi, che vi sono interpolati.

Ricavato anche questo a mezza costa sulla falda montana, è però in condizioni ben più facili di quelle interne. È sempre tuttavia contenuto da muraglione all'esterno, e rivestito sul fianco internamente e sul fondo.

Dallo sbocco della galleria il canale mantiene la larghezza e la pendenza solite per m. 294.40, quindi si allarga, si spande come in un piccolo lago, col fondo depresso un metro sotto il fondo del canale. È uno specchio d'acqua di circa mq. 2400, ed è l'ultimo provvedimento diretto ad ottenere che l'acqua giunga alle turbine senza

Digitized by Google

materie in sospensione, od almeno soltanto con materie leggerissime. Se ad onta delle precauzioni assunte alla presa e lungo il canale, l'acqua trascinasse ancora ghiaiette o detriti, la velocità fortemente ridotta, l'obbligherebbe a depositarli sul fondo del bacino. Ad impedire poi che troppo materiale possa accumularsi, è disposto prima della ripresa del canale uno scaricatore verso il quale è declive la platea dell'espansione.

Tosto ripreso il canale, che qui cambia larghezza e pendenza (fu quella portata a m. 6 e questa ridotta a cent. 23 per chilometro onde far giungere più placide le acque alle bocche d'erogazione e di carica) è disposto lo sfioratore regolatore.

Lungo m. 93 potrebbe smaltire, dato un arresto subitaneo di tutte le macchine, tutta la portata del canale con una lama fluente di cent. 24, restando ancora un franco sui muri del canale di centimetri 26.

Non fu preso alcun provvedimento per impedire la formazione del pulviscolo dovuto all'acqua stramazzante, poichè l'edificio delle macchine, già sufficentemente lontano, è per di più collocato sull'altro versante d'uno sperone montuoso che si attraversa col canale.

Lo sfioratore però non è disposto colla soglia al pelo d'acqua di regime, ma ad un metro sopra.

Conseguentemente tutte le murature del tronco esterno del canale sono sopraelevate d'un metro da quelle che dovrebbero essere in condizioni normali; e dacchè la sezione del corpo del muro non fu variata da quella del canale interno, a robustarlo convenientemente furono disposti degli speroni che ne modificano l'aspetto esteriore.

Questo sovralzamento generale delle murature esterne ha avuto origine dal concetto di poter disporre, oltre che dei 20 mc. normali, di una certa scorta d'acqua disponibile in eccesso nei momenti di massimo consumo, così come avverrà la sera, specialmente nella stagione invernale, quando pur tutti gli opifici delle varie industrie, essendo ancora attivi, si verificherà la maggior richiesta dovuta alla illuminazione. Il rigurgito prodotto dall'acqua insaccata nel tronco inferiore, si estende ancora sensibile fino alquanto oltre l'imbocco della galleria grande e permette di disporre di circa mc. 9000, vale a dire permette per circa due ore di portare l'erogazione dell'acqua a mc. 22.5 quanti possono smaltirsi dai cinque gruppi destinati, come vedremo, ad essere attivi.

Con questo invaso, l'acqua si dispone all'estremo del canale alla quota 339.64, ed è chiaro che poichè dopo le suaccennate ore del massimo consumo sopravviene la notte, cioè il periodo di minimo

Digitized by Google

consumo, durante il quale l'invasamento può essere rapidamente rifatto, tale quota potrà ritenersi quella dell'acqua in carico pel normale esercizio.

Siamo così giunti al punto ov'è attuata la prima parziale utilizzazione e dove l'acqua si ripartisce, distribuendosi ai diversi gruppi generatori. Sono sei grandi camere di carica pel macchinario principale, oltre ad una settima suddivisa in due per le minori turbine d'eccitazione; e nello stesso edificio altre due sezioni corrispondono a due camere filtranti, ad ambienti sovrapposti.

All'aspetto esteriore l'edificio presenta nove grandi arcate identiche d'onde si distaccano dieci tubazioni, sei maggiori, di m. 1.50 di diametro, in acciaio, fortemente amarrate al piede, scorrevoli su robusti supporti in muratura e fornite di giunto di dilatazione nella parte superiore; due medie di m. 0.70 aventi gli stessi requisiti delle sorelle maggiori e destinate all'eccitazione; e due piccole in ghisa del diametro di m. 0.20 traducenti l'acqua filtrata.

Sotto tutte le camere corre un cunicolo collettore che comunica con quelle a mezzo di valvole in bronzo e permette in caso di pulizia, o riparazioni, di mettere completamente all'asciutto una qualsiasi delle camere. Il cunicolo stesso è chiuso abitualmente da una saracinesca disposta in un pozzetto collocato lateralmente all'edificio. Ogni camera ha, naturalmente, una paratoia metallica, manovrabile a mano onde possa essere eventualmente isolata.

L'acqua tracimante dallo sfioratore, viene raccolta in un torrentello sistemato ed imbrigliato allo scopo, il Cesarile, e di qui tradotta a valle dell'edificio centrale nel canale di scarico, canale che alla sua volta servirà di canale adduttore ad una seconda centrale, di là da venire, e di cui l'ubicazione sarebbe già designata a circa tre chilometri e mezzo sotto la prima. Non però fino a questo punto giunge il canale costrutto, chè anzi si arresta circa due chilometri indietro, e scarica in altro torrente nominato Caprezza, il quale alla sua volta giunge sotto alla futura centrale.

Per condizioni imposte nella concessione, l'acqua è ripresa nel Caprezza, e per un canale che non presenta alcuna particolarità, escavato nei magri prati formatisi sulle ghiaie della conoide del Cellina, ritorna a questo torrente dopo un percorso di m. 6716 dalla ripresa.

In prossimità del piccolo borgo di Malnisio e dominato dai bacini di distribuzione e carica sorge l'edificio centrale delle macchine, vasto fabbricato improntato ai ricordi del nostro primo rinnovamento romanzo. È costituito da un corpo centrale con due ali avanzate e

Digitized by Google

di un altro locale annesso, quasi adiacenza che si allunga sul fianco a ponente. L'ala di levante contiene un'officina di riparazioni, dei magazzini, gli uffici e le abitazioni per i meccanici e per gli operai. Il corpo centrale è tutto occupato dalla sala principale delle macchine; nell'ala a ponente, in parte aperta sulla sala principale, trovano posto i quadri, i locali degli interruttori, degli scaricafulmini e simili, e nel locale a parte è ricavata la sala dei trasformatori elevatori. Meno quest'ultimo corpo, tutto il resto dell'edificio è a tre piani, ma la sala centrale con un piano occupa tutta l'altezza dei tre piani dei fianchi, mentre gli altri due sono sotterranei, e servono, quello più elevato alle disposizioni e sviluppo dei cavi, e quello più profondo allo scarico dell'acqua dalle turbine.

In corrispondenza a questo scarico il pelo dell'acqua è alla quota a valle 281, e poichè abbiamo detto che ai bacini di carica il pelo d'esercizio sarà a 339.64, il dislivello è di m. 58.64. Con l'erogazione di 20 mc. si hanno disponibili quindi in cifra rotonda 15,600 cavalli dinamici, e nei momenti del massimo consumo (e cioè coi mc. 22 e mezzo), salva la variazione del carico, 18,900.

A sviluppare questa potenza sono state scelte turbine a reazione, centripete assiali, ad una sola ruota mobile ad asse orizzontale e due scarichi laterali simmetrici per le maggiori turbine ed uno scarico solo per quelle d'eccitazione fornite dalla ditta Riva e Monneret, di Milano. Le maggiori sono collegate ognuna al proprio tubo indipendente; saranno sei insieme, di cui una in riserva, ma attualmente ne sono disposte solo quattro. Ricevono inferiormente l'acqua, che il tubo entrato nei sotterranei della centrale porta, ripiegando a sifone e risalendo nella grande sala principale, alla chiocciola del distributore, che costituito a palette mobili funziona anche da otturatore.

Questo è azionato da un regolatore servo-motore a pressione idraulica, che riceve l'acqua necessaria al suo funzionamento dalle tubazioni dei filtri.

Ogni turbina è destinata ad assorbire litri 4500 d'acqua e dovrà sull'asse sviluppare 2600 HP effettivi, con 315 giri al minuto.

Le minori turbine d'eccitazione, non dissimili nella costituzione complessiva dalle precedenti, sviluppano ciascuna 200 HP sotto 500 giri al minuto; sono tre, ed anzichè essere dotate ciascuna di un tubo unico sono alimentate assieme dai due tubi medi, ognuno dei quali può essere sufficiente allo scopo, e con ciascuno dei quali può in conseguenza essere data o tolta la comunicazione.

Tutte le turbine hanno poi naturalmente una farfalla all'ingresso

Digitized by Google

dell'acqua ed uno scarico per l'eventuale ripulitura. Tale è nelle sue generalità l'ambiente, ed il lavoro nella sua essenza, per ciò che riguarda la parte idraulica; ed io m'arresterò là dove il ferreo manicotto solidamente e rigidamente saldando gli assi delle turbine a quelli delle eccitatrici e degli alternatori, trascinerà le pesanti moli delle armature e degli elettro-magneti, comunicando ad essí quella energia che convertita in corrente volerà sui cuprei fili altrove, lontano, nella ridda meravigliosa e misteriosa dei vortici elettrici.

II. PARTE ELETTRICA.

Ing. A. PITTER.

Prima di descrivere l'officina generatrice del Cellina nella sua parte elettrica, sarà opportuno di accennare brevemente ai criteri informatori dell'installazione.

Questi criteri generali, studiati col concorso degl'ingegneri Semenza e Danioni, servirono di norma nel compilare il progetto definitivo e nello stabilire i programmi ed i capitolati, in base ai quali vennero interpellate le più rinomate case costruttrici, prima di affidare la fornitura del macchinario e delle installazioni elettriche principali alla ditta Brown Boveri & C. di Baden.

Data l'importanza dell'impianto, la distanza del centro principale, anzi quasi unico, che si doveva servire, e la natura delle applicazioni, non vi poteva essere dubbio sulla scelta del sistema da adottarsi — corrente alternata trifase — per quanto non sia mancato il paladino della corrente continua.

La notevole lunghezza della linea di trasporto (km. 87), imponeva di ricorrere ai potenziali elevati, e venne stabilito di adottare la tensione normale di 30,000 volt.

Quattro anni fa sembrava molto alto questo voltaggio, per quanto l'America avesse già degl'impianti a tensione maggiore; oggidì forse si adotterebbero senza esitare i 40,000 volt.

Quest'ultima tensione, adesso già impiegata felicemente anche in Italia, si ritenne allora non dirò temeraria, ma poco consigliabile.

La necessità di dare il massimo affidamento di continuità nell'esercizio di un impianto destinato a molteplici servizi di grande importanza, ha imposto la costruzione di una linea doppia.

E per poter trasportare tutta l'energia prodotta alla centrale,

Digitized by Google

anche quando una delle due linee fosse interrotta, venne previsto, in taluni casi speciali, di dover aumentare notevolmente il voltaggio, all'origine della linea, al di sopra della tensione occorrente nelle condizioni normali.

Dovendo alimentare la linea ad elevato potenziale — da 30,000 a 36,000 volt — venne riconosciuta l'opportunità di generare l'energia elettrica a tensione moderata per elevarla successivamente mediante trasformatori.

La soluzione sembra ovvia; eppure due ditte costruttrici offersero alternatori a 25,000 o 30,000 volt, anzi una di queste ditte dichiarò esplicitamente che intendeva concorrere soltanto per l'installazione a 30,000 volt, direttamente generati, rifiutando categoricamente di uniformare le proprie offerte al nostro programma più ragionevole.

Altri concetti fondamentali, suggeriti dai progressi della tecnica moderna ed imposti dalle esigenze dell'impianto, furono l'eccitazione separata, la centralizzazione delle manovre e dei controlli, la dislocazione delle varie parti dell'installazione, la separazione cellulare dei diversi apparecchi, l'abolizione delle valvole ed il conseguente impiego degl'interruttori automatici, la possibilità di rapido e sicuro sezionamento e di pronta sostituzione degli elementi di riserva.

L'applicazione di questi criteri informatori, sommariamente accennati, potrà risultare dalla rapida descrizione dell'impianto.

***

La sala delle macchine della centrale di Malnisio (frazione di Montereale - Cellina) accoglie, come è stato detto, 4 turbine da 2600 HP e 3 da 200 HP.

Altre due turbine da 2600 HP potranno in seguito essere installate alla completa utilizzazione del primo salto del Cellina.

Alle quattro turbine maggiori sono direttamente accoppiati, mediante giunto rigido quattro alternatori trifasi di corrispondente potenzialità, cioè capaci di assorbire 2600 HP effettivi alla velocità di 315 giri.

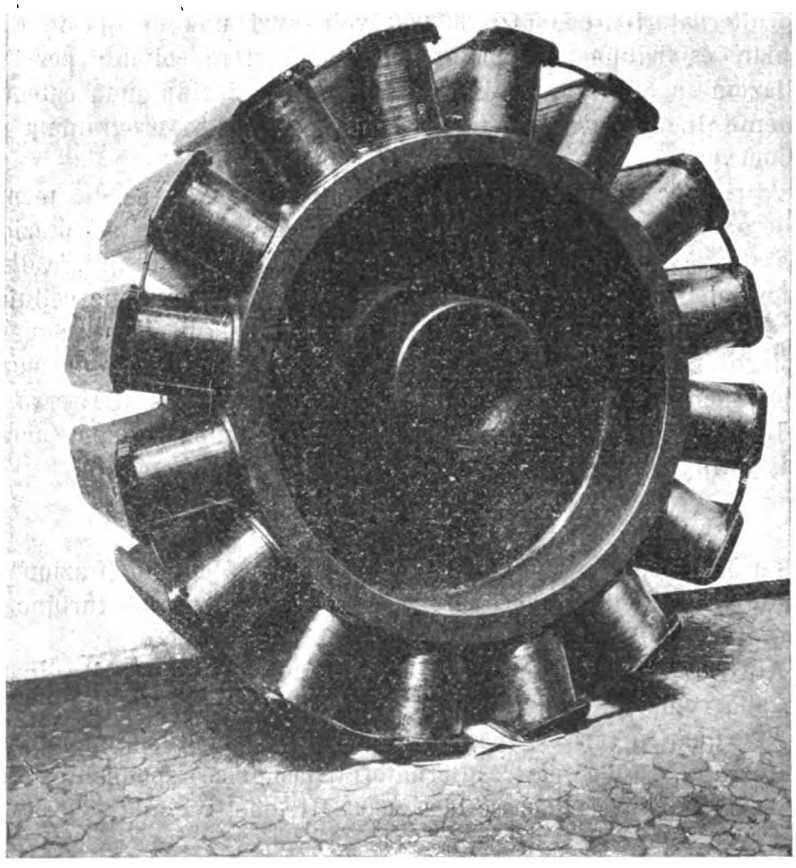
Questi alternatori sono del solito tipo ad indotto fisso ed induttore interno girante. L'induttore, in un solo pezzo d'acciaio, porta 16 poli alternati tutti avvolti, con le sole espansioni polari riportate.

L'indotto lamellare è a canali chiusi con 4 finestre per ogni bobina.

L'eccitazione può esser regolata in modo da far variare per gradi abbastanza piccoli da 3600 a 4800 volt la tensione ai morsetti del-

Digitized by Google

l'alternatore, lavorando quest'ultimo a pieno carico di 2600 HP col fattore di potenza 0.75.



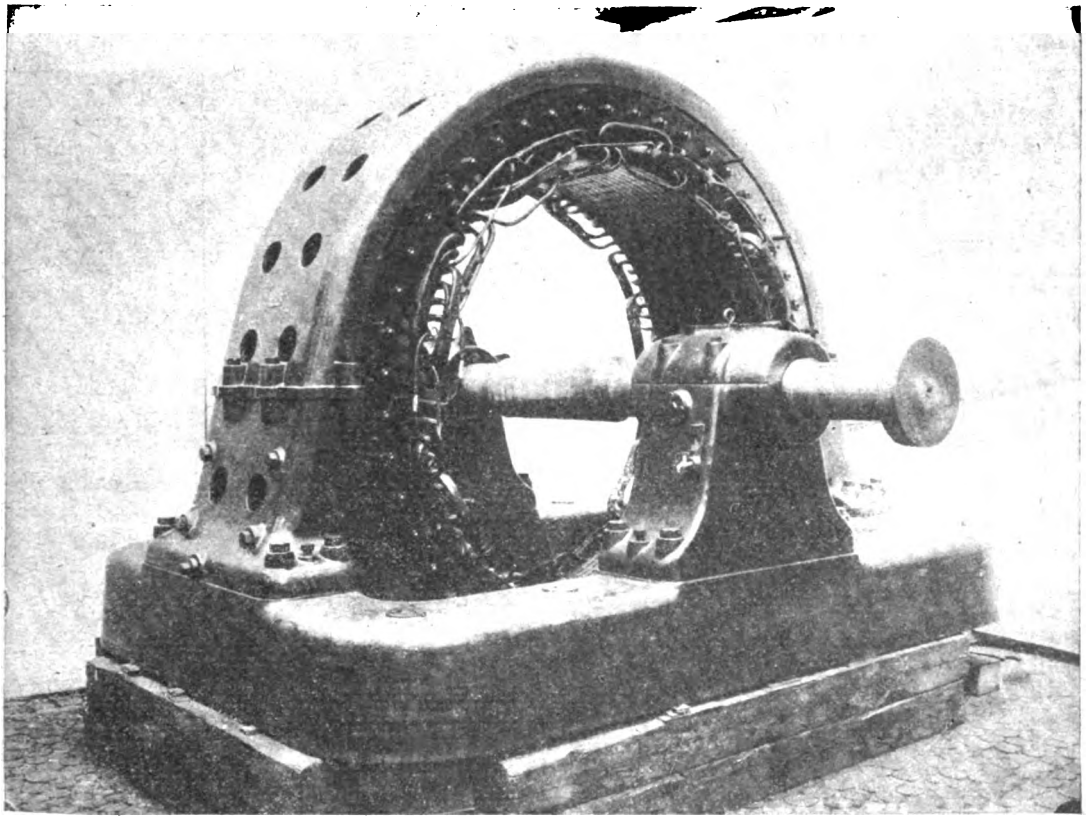
La tensione normale dell'alternatore per carico non induttivo è di 4000 volt, e la frequenza di 42 periodi.

La parte rotante è calcolata in modo da resistere meccanicamente alla velocità di 500 giri, che non potrà mai essere superata dalla turbina, anche nel caso che mancasse completamente il carico, pur restando aperto il distributore per un guasto eventuale del regolatore.

Digitized by Google

Rendimento industriale a pieno carico induttivo, 95 %.

Caduta di tensione fra la marcia a vuoto e quella a pieno carico a velocità ed eccitazione costanti: 5 % della tensione di funzionamento, per carico non induttivo; 16 % della tensione di funzionamento, per carico induttivo.



Sopraelevazione di temperatura sull'ambiente in condizioni di funzionamento continuo: 40° nel ferro e 45° nel rame.

Sovraccarico ammissibile per 3 ore, 25 %.

Isolamento fra avvolgimenti e massa da provarsi a 7000 volt.

L'alternatore è meccanicamente molto robusto: esso appoggia sopra un basamento di ghisa che porta e collega i due sopporti.

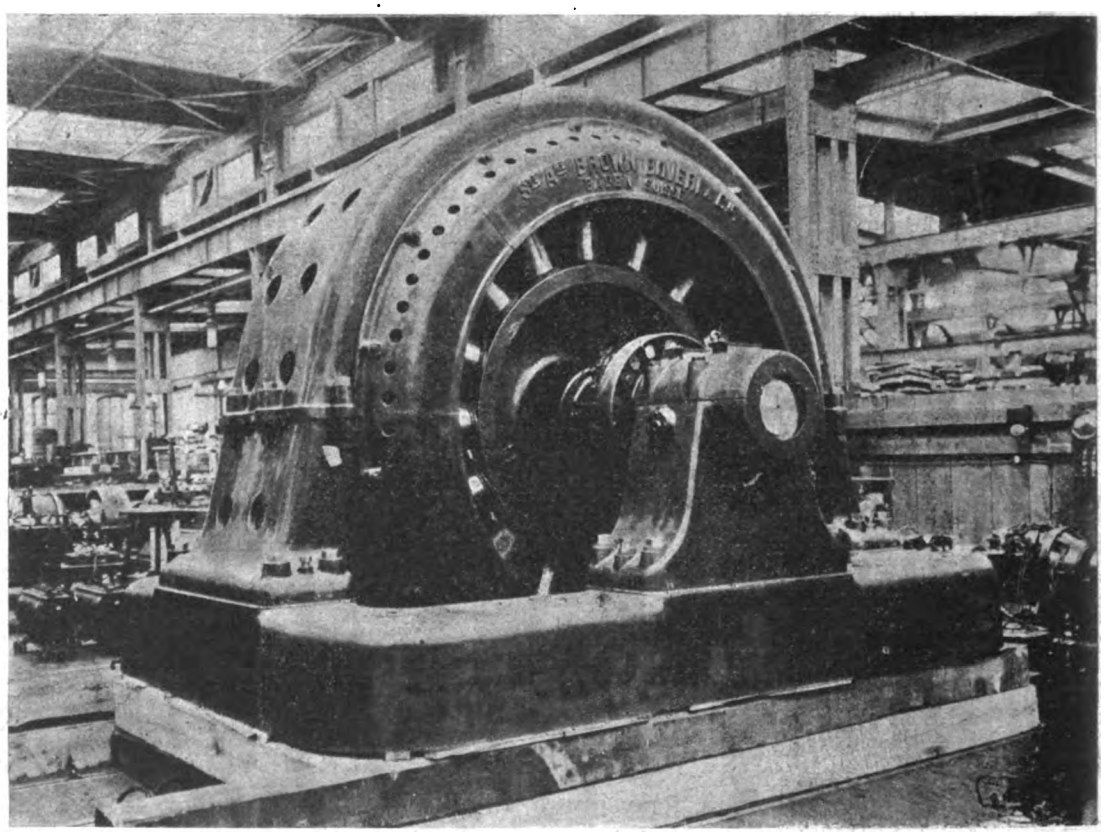
Questi ultimi sono di ampie dimensioni a cuscinetti sferici con lubrificazione ad anelli e con disposizione per raffreddare eventualmente l'olio mediante circolazione d'acqua.

Allo scopo di rendere accessibile ogni parte dell'indotto per le eventuali riparazioni, la carcassa esterna può essere appoggiata

Digitized by Google

alla parte rotante e girare con questa quel tanto che può bastare all'uopo.

La corrente continua per l'eccitazione del campo degli alternatori viene fornita da apposite dinamo comandate dalle tre turbine minori, collocate in fondo alla sala delle macchine, presso alla piattaforma dei quadri.



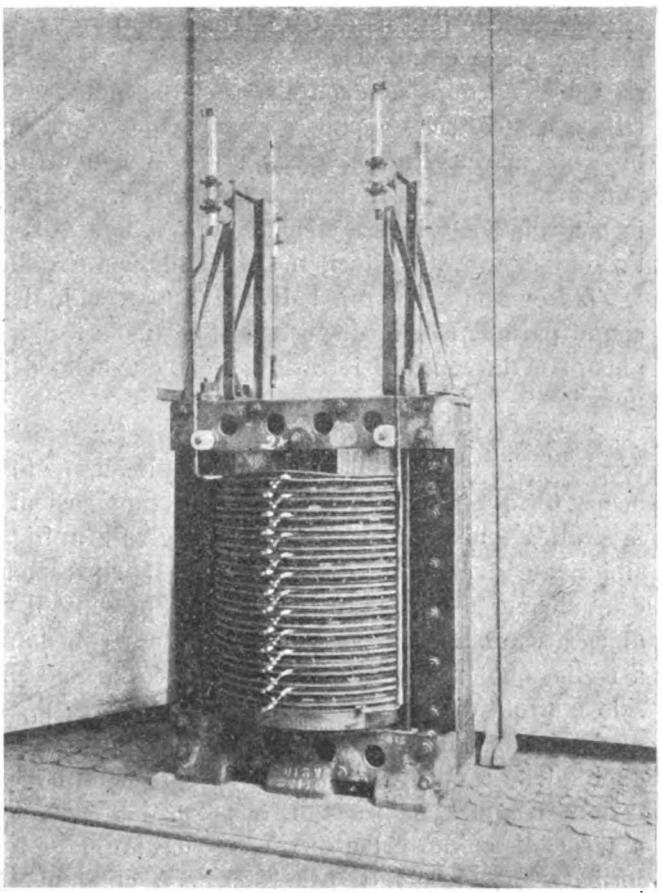
Le tre eccitatrici, accoppiate direttamente mediante giunto rigido alle rispettive turbine, funzionano a 500 giri e sono capaci di assorbire 200 HP ciascuna, fornendo corrente a 200 volt. Esse sono eccitate in derivazione, con 6 poli esterni, indotto a tamburo ed ampio collettore a spazzole di carbone.

Rendimento industriale delle eccitatrici a pieno carico 92 % cento.

Sopraelevazione di temperatura sull'ambiente in condizione di funzionamento continuo: 40° nel ferro, 45° nel rame, 50° al collettore.

Digitized by Google

Delle tre dinamo, due sole sono largamente sufficienti a fornire la corrente necessaria per il funzionamento della centrale completa con 6 grandi alternatori, quando cioè 5 di questi potranno essere contemporaneamente in servizio, con sopraccarico del 10 %, alla tensione più elevata e col fattore di potenza 0.75.



Per l'esercizio della centrale, come è ora costituita, ossia con 4 soli alternatori, dei quali 3 funzionanti ed uno di riserva, una sola eccitatrice è sufficiente. Bastava quindi installare per ora due sole di tali macchine. È stato preferito però di collocare subito anche la terza, perchè si prevede abbastanza prossima l'installazione dei due alternatori mancanti, e conveniva di completare l'ultima partedella sala macchine, nonchè le connessioni e gli apparecchi relativi all'eccitazione.

Il provvedimento venne preso inoltre perchè era opportuno di collocare in officina un alternatore per i servizi della centrale, per la trasmissione dell'energia nei vicini paesi e lungo il canale fino alla diga, non potendo sempre essere all'uopo utilizzabile la corrente prodotta dai grandi alternatori, i quali debbono funzionare a tensione assai variabile, per mantenere costante il potenziale al lontano centro di utilizzazione.

Digitized by Google

Occorreva dunque utilizzare la terza turbina da 200 HP per l'accennato alternatore dei servizi locali, ed apparve conveniente di installare anche la terza eccitatrice, montando alternatore ed eccitatrice sul medesimo asse e fra i medesimi sopporti, in modo da formare una macchina sola.

Questo gruppo non solo può servire a generare corrente alternata trifase a 4000 volt, oppure corrente continua a 200 volt, secondo il bisogno, ma costituisce anche un vero convertitore, poichè l'alternatore può funzionare da motore sincrono, ciò che permette, quando la centrale fosse in esercizio, di provvedere alla corrente per l'eccitazione degli alternatori, indipendentemente dalle piccole turbine.

Trascurando per ora i diversi apparecchi, dei quali sarà fatto cenno parlando delle disposizioni particolari dei circuiti, troviamo ancora nella centrale i trasformatori, che sono degni di particolare menzione.

Anzitutto venne stabilito che i trasformatori dovessero essere monofasi, immersi nell'olio e con raffreddamento e circolazione di acqua. Si preferirono i trasformatori monofasi ai trifasi, seguendo la pratica americana, trattandosi di grosse unità, per limitare possibilmente il danno e l'importanza delle riparazioni nell'eventualità di qualche guasto. Venne anche tenuto presente il vantaggio di poter al caso cambiare più agevolmente i loro collegamenti da triangolo a stella, qualora si volessero ottenere tensioni più elevate, anche solo a titolo di esperimento.

La potenzialità dei trasformatori venne determinata in base a quella della conduttura che debbono alimentare. E siccome ad installazione completa la linea di trasporto dell'energia sarà costituita da 4 terne di conduttori e dovrà convogliare 12,000 KVA, così i trasformatori vennero fatti per 1000 KVA ciascuno, per modo che ogni gruppo di 3 trasformatori possa alimentare una terna di fili.

In via normale ciascun gruppo di trasformatori dovrà comunicare con una determinata terna di conduttori, senza nessun collegamento in parallelo, sull'alta tensione, cogli altri gruppi, e ciò nell'intento che un'eventuale fulminazione sulla linea, possa interessare soltanto i trasformatori connessi coi conduttori colpiti.

Ad impianto finito i trasformatori attivi dovranno quindi essere in numero di 12, ed un quinto gruppo di tre trasformatori sarà tenuto di riserva, pronto a sostituire uno qualunque degli altri gruppi.

La centrale di Malnisio è infatti predisposta per accogliere, nella sala apposita, 15 trasformatori, dei quali ne sono ora installati solamente nove, tre di riserva e sei attivi, perchè ora sono soltanto sei i conduttori della linea.

Digitized by Google

I trasformatori sono a tre nuclei verticali, con avvolgimenti alternati intorno alla colonna centrale. Il loro rapporto di trasformazione è 7.5; per modo che la tensione secondaria sarà di 30,000 volt, per la tensione primaria di 4000 volt, mentre salirà a 36,000 volt per la massima tensione primaria di 4800 volt.

Il rendimento industriale dei trasformatori venne garantito non inferiore al 98 % con fattore di potenza I.

La caduta di tensione fra la marcia a vuoto e quella a pieno carico non deve superare 1 % per $\cos \varphi = I$, e 2 % per $\cos \varphi = 0.75$.

La sopraelevazione di temperatura sull'ambiente, per funzionamento continuo, non dovrà superare 45° nel ferro, 50° nel rame, e 40° nell'olio.

Funzionando a pieno carico si prevede che dovranno circolare nel serpentino di ogni trasformatore circa 40 litri d'acqua al minuto primo, che si riscalderà da 15° a 21°.

Il sovraccarico ammissibile per 4 ore è del 25 %.

Infine l'isolamento fra avvolgimenti e la massa dovrà provarsi rispettivamente a 7000 ed a 45,000 volt.

***

Ed ora per dare un'idea complessiva dei circuiti nella centrale, conviene ritornare agli alternatori, nei quali l'energia meccanica sviluppata dalle turbine viene trasformata in corrente trifase alla tensione variabile fra 4000 e 4800 volt.

Gli alternatori sono collegati separatamente ad un sistema di sbarre collettrici disposte ad anello chiuso e divise in molteplici sezioni, mediante appositi coltelli separatori.

L'anello delle sbarre collettrici a sua volta è messo in comunicazione coi vari gruppi di trasformatori, così che in esso si possono distinguere due parti: nell'una affluisce l'energia e dall'altra viene erogata, e fra l'una e l'altra sono disposti gli apparecchi totalizzatori di misura.

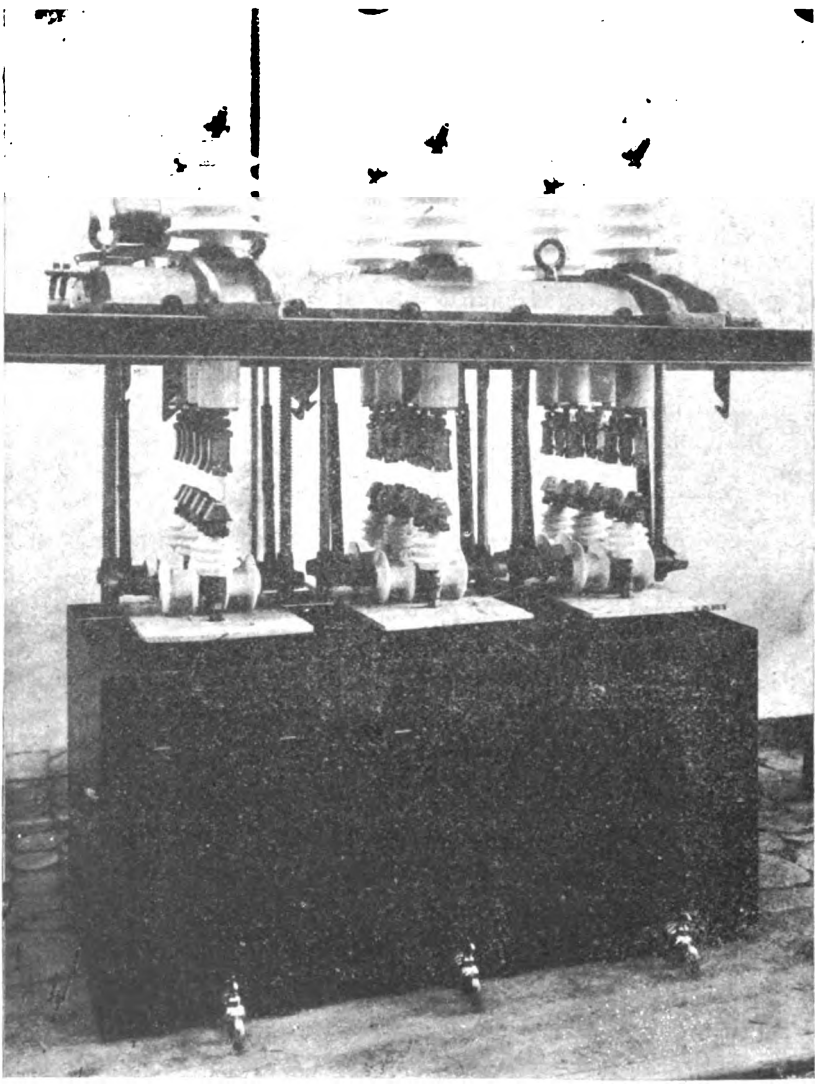
Oltre alle due comunicazioni che esistono normalmente fra le due parti, data la loro disposizione ad anello, esiste anche una terza comunicazione ausiliaria intermedia, destinata a funzionare quando le altre due fossero interrotte per un eventuale sezionamento delle sbarre.

Come venne già accennato, i gruppi di trasformatori attivi (2 per ora e 4 ad installazione completa) sono in diretta comunicazione con le linee, attraverso gli scaricatori, mentre il gruppo di riserva è collegato ad un sistema di sbarre ausiliarie, mediante le quali, con

Digitized by Google

opportuna manovra, può essere congiunto con una qualsiasi delle terne di fili della conduttura elettrica.

Queste sbarre collettrici ausiliarie possono servire anche a mettere in parallelo i trasformatori sull'alta tensione.



Lungo il percorso dei circuiti ora indicati si trovano degl'interruttori automatici a massimo, fra gli alternatori e l'anello e fra l'anello ed i gruppi dei trasformatori.

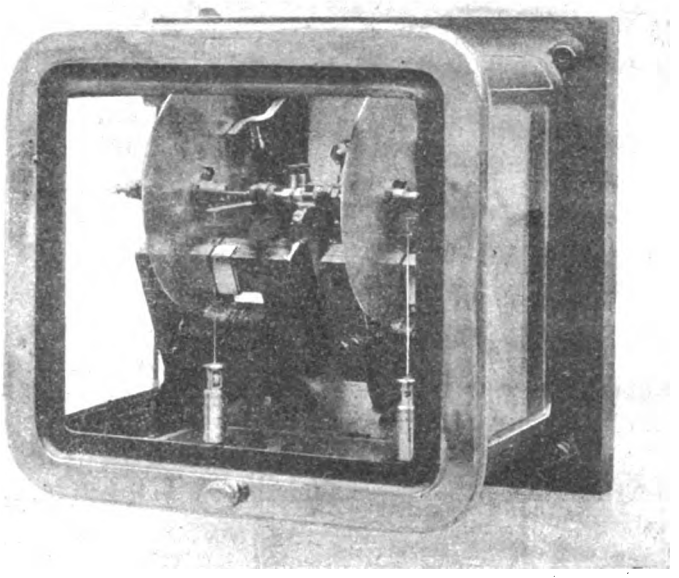
Sull'alta tensione vi sono pure degl'interruttori automatici a mas-

Digitized by Google

simo di linea, prima degli scaricatori, ed altri interruttori semplici per la sostituzione del gruppo di trasformatori di riserva.

Gl'interruttori sono tutti nell'olio: quelli a media tensione (4000 a 4800 volt) sono a doppia rottura d'arco e disposti in una sola cassa; quelli ad alta tensione (30,000 a 36,000 volt) a sestupla rottura d'arco e disposti in tre casse d'olio distinte, una per fase.

Tutti gl'interruttori si manovrano a distanza mediante apposite trasmissioni e vengono chiusi od aperti a mano da chi sta alla



sorveglianza del quadro. Quelli automatici però si aprono anche spontaneamente quando l'intensità della corrente che li attraversa dovesse superare un limite determinato.

L'apertura viene provocata da un apposito apparecchio amperometrico a relais, che entra in funzione quando la corrente del circuito, sul quale è inserito, raggiunge un'intensità anormale, ed agisce tanto più rapidamente, quanto più elevata è questa intensità.

Questo apparecchio, quando funziona, determina quindi un contatto elettrico, chiudendo un circuito, alimentato da una piccola batteria di accumulatori, nel quale trovasi inserita la bobina di scatto, applicata al corrispondente interruttore.

L'apertura dell'interruttore avviene in tal modo automaticamente ed a tempo, ossia non istantaneamente, ma tanto più sollecita quanto più urgente è il bisogno.

Digitized by Google

Senza arrestarci sugli altri apparecchi di misura e manovra che si trovano collocati lungo i circuiti della centrale quali trasformatori di misura, coltelli separatori, ecc., crediamo opportuno, prima di proceder oltre, di accennare brevemente agli scaricatori situati immediatamente prima dell'uscita della linea.

Questi apparecchi ai quali è affidata la protezione dell'impianto dal pericolo di guasti provocati dall'accidentale sopraelevazione di tensione, furono oggetto di uno studio speciale, avuto riguardo all'alto voltaggio, alla notevole lunghezza della linea ed alla frequenza dei temporali nella regione attraversata.

Gli scaricatori impiegati sono in ultima analisi dei Wurtz a quattro bobine di self-induzione, che presentano quattro vie alla terra attraverso le solite serie di cilindretti rompiarco. Ma prima di giungere ai Wurtz la scarica può trovare una via alla terra attraverso ad un parafulmine doppio a corna, ed una seconda strada attraverso ad un parafulmine Gola.

Tutti questi apparecchi relativi ad un determinato conduttore sono disposti opportunamente in una gabbia di ferro a diaframmi in cemento armato, e sono collocate in alto le corna Siemens che possono dare origine a degli archi, da un lato dello scherma le parti in serie sempre percorse dalla corrente, cioè il Gola e le bobine di self-induzione, e dal lato opposto gli altri elementi in derivazione. Nel circuito di terra si trovano poi inserite due resistenze liquide, costituite da sifoni di gres contenenti soluzioni di bicloruro di mercurio, che, a quanto sembra, presenta il vantaggio di dare una resistenza costante.

*
* *

Passiamo per ultimo a dare un'idea della pratica disposizione nella centrale, delle varie parti che costituiscono l'impianto.

Nella sala principale trovano posto, come si è detto, le grandi e le piccole turbine, gli alternatori e le eccitatrici.

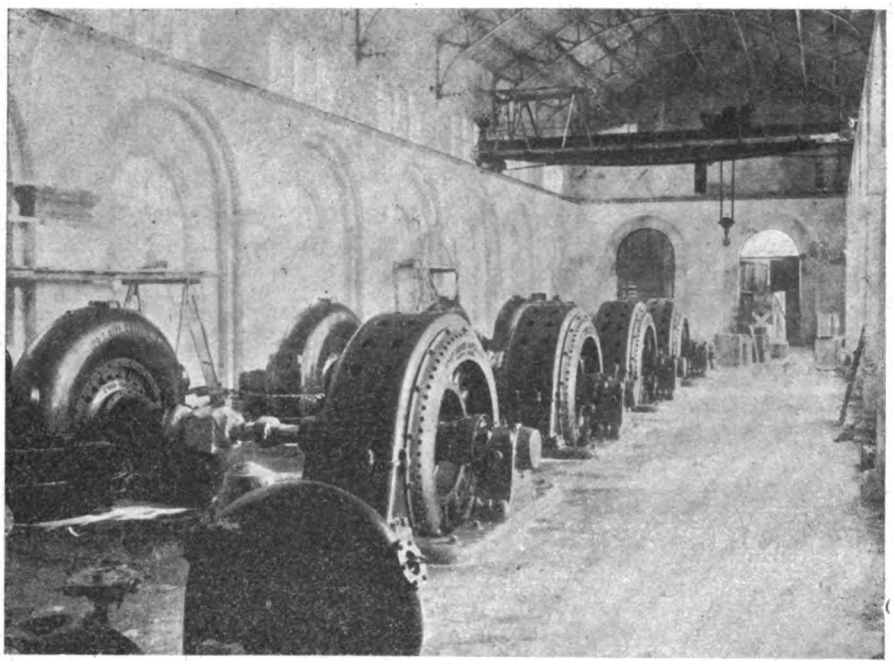
Al disotto, in ampi cunicoli, si sviluppano le condutture a 4000 volt e quelle a 200 volt dell'eccitazione, costituite da conduttori semplici ricoperti, disposti sopra opportuni isolatori.

Queste condutture, bene separate fra loro, affluiscono ad un'estremità del fabbricato e passando al piano superiore — quello corrispondente alla sala delle macchine — mettono capo agli ambienti sottoposti alla piattaforma dei quadri.

Qui abbiamo due locali distinti. Uno per la corrente continua che accoglie gl'interruttori, le sbarre collettrici ed i reostati di campo

Digitized by Google

degli alternatori, sempre manovrati dalla piattaforma superiore. L'altro per la corrente trifase a 4000 volt, dove ad ogni alternatore corrisponde una cella in muratura divisa in due ripiani, l'inferiore desti-



nato all'interruttore automatico manovrato dal quadro sovrastante, ed il superiore contenente i trasformatori di misura per gli apparecchi del quadro stesso.

Nel medesimo locale si trovano disposti, in celle analoghe, gli interruttori automatici ed i trasformatori di misura per i circuiti di connessione fra le sbarre collettrici ed i trasformatori.

Il locale attiguo, sempre nello stesso piano, è destinato esclusivamente all'anello delle sbarre collettrici, che sono disposte lungo una parete ed il soffitto, opportunamente separate da appositi diaframmi in cemento armato.

Nell'anello, ad ogni alternatore e ad ogni gruppo di trasformatori, corrisponde una particolare sezione limitata da speciali coltelli separatori che permettono d'isolare qualsiasi parte delle sbarre per eventuali lavori o riparazioni.

I conduttori che congiungono l'anello coi trasformatori, dopo di aver traversato gl'interruttori collocati nel precedente locale, scendono al piano inferiore dei cunicoli e, divisi in terne ben separate,

Digitized by Google

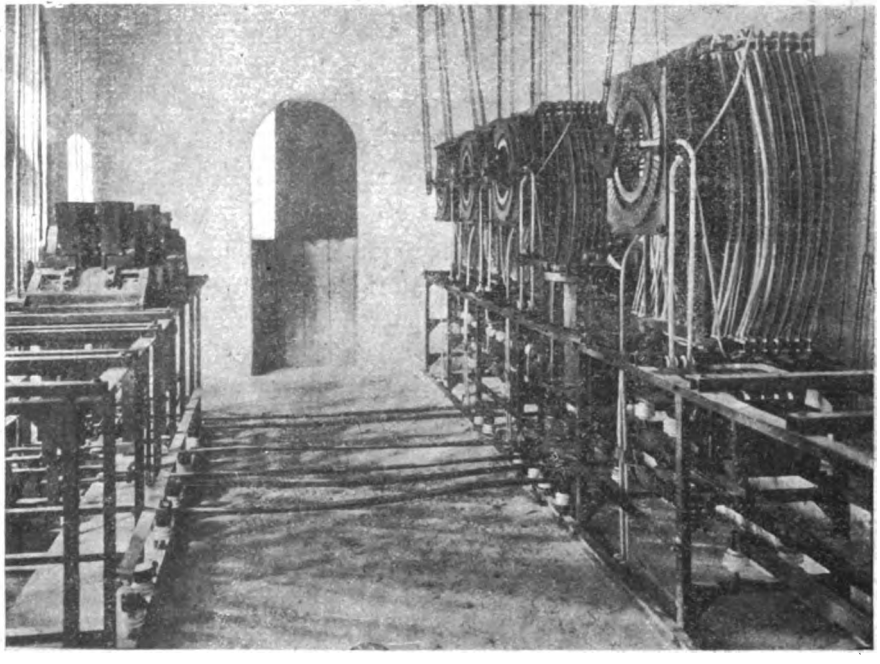
percorrono un'apposita corsia che abbraccia la sala dei trasformatori situata nell'apposito fabbricato annesso alla costruzione principale.

In altra corsia analoga, sovrapposta alla precedente, sono disposti i conduttori a 30,000 volt.

Nell'ampia sala dei trasformatori non si scorgono condutture, ed i trasformatori, disposti in gruppi di tre a tre in appositi stalli, sono collegati ai loro circuiti primario e secondario attraverso a fori praticati nelle pareti delle corsie circostanti.

Sopra queste pareti sono disposti dei coltelli che permettono di isolare ciascun trasformatore, mettendone a terra entrambi gli avvolgimenti, e trovasi pure uno speciale scaricatore a cilindretti, collegato coi conduttori a 4000 volt, destinato ad eliminare i pericoli provenienti da un eventuale contatto coi circuiti ad alto potenziale.

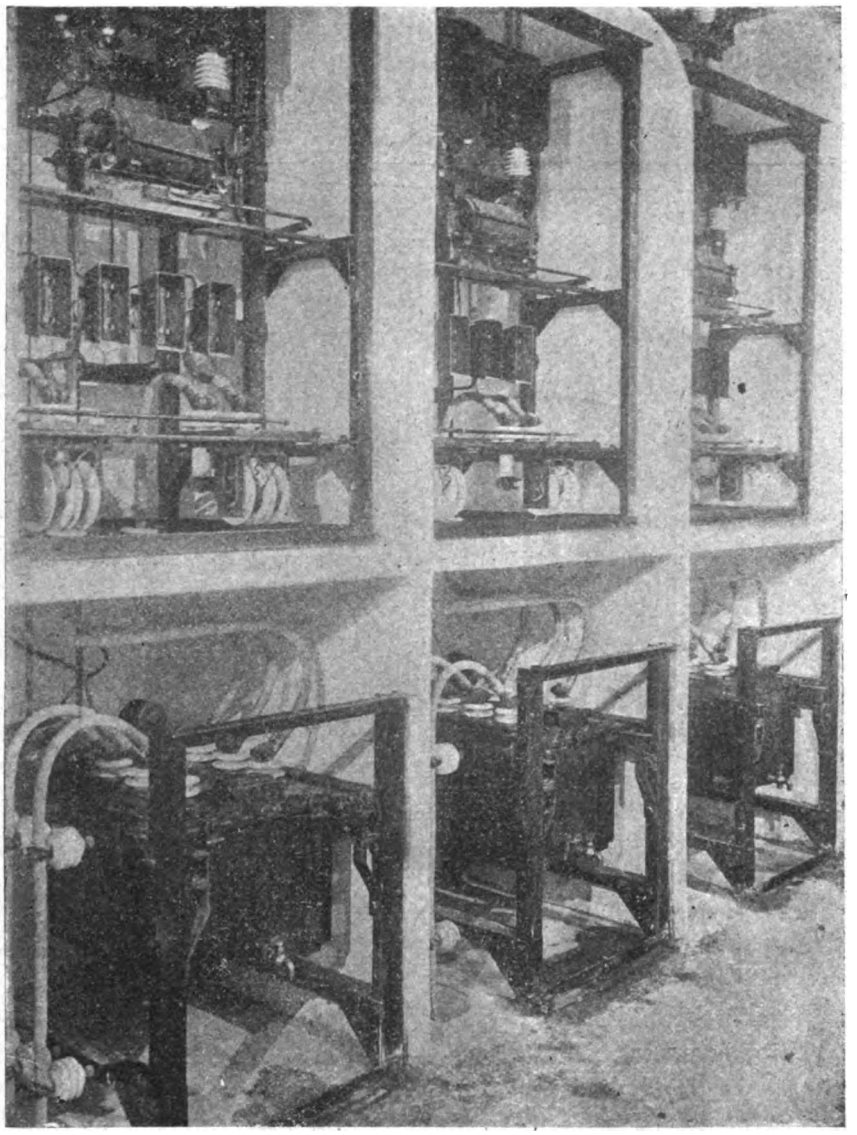
I conduttori a 30,000 volt, che si sviluppano nella corsia superiore, affluiscono ad un locale disposto nella contigua ala del fabbricato principale, d'onde mettono capo alla sala superiore, situata



al livello della piattaforma dei quadri e lateralmente a questa, dove si trovano gl'interruttori ad alta tensione, che permettono l'inserzione sulle linee e le manovre di sostituzione dei trasformatori di riserva.

Digitized by Google

Tutti questi interruttori sono collocati in apposite celle in muratura e vengono manovrati dalla piattaforma dei quadri mediante trasmissioni flessibili collocate sotto il pavimento.

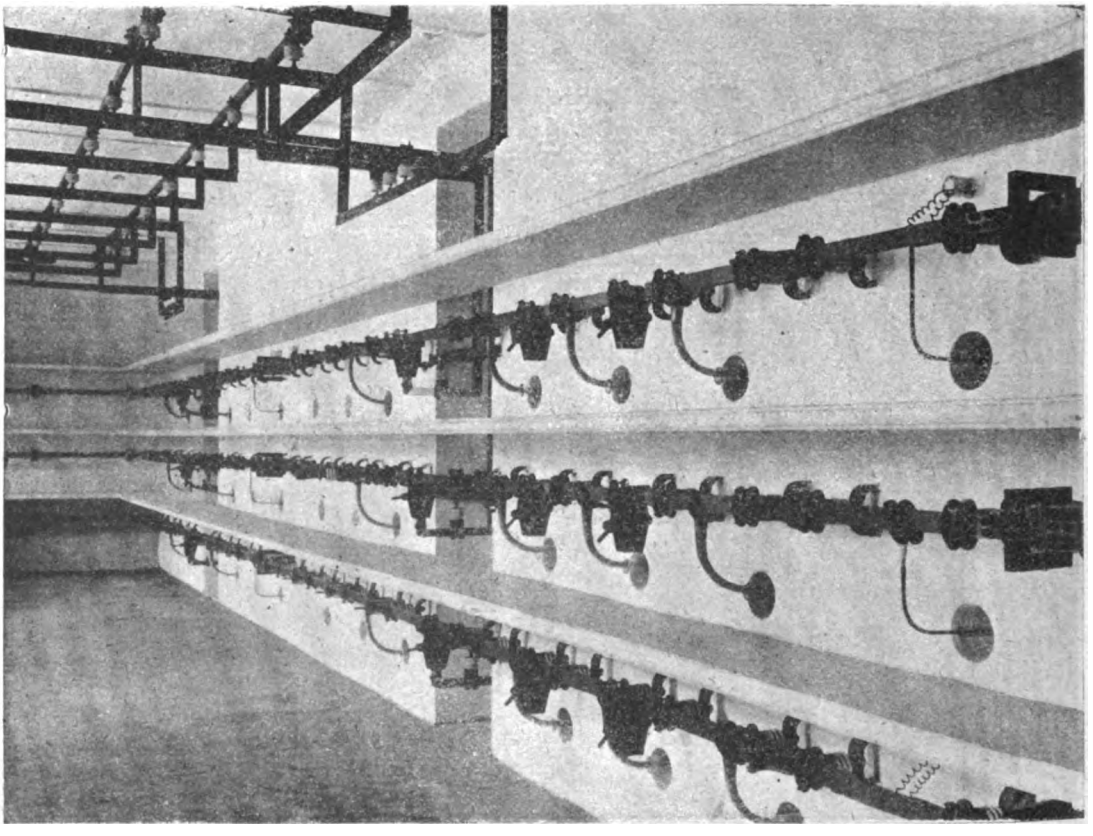


La sala è disposta in modo da poter accogliere tredici interruttori a 30,000 volt (dei quali quattro automatici), quanti occorrono ad

Digitized by Google

impianto completo. Per ora nella sala si trovano sette interruttori, dei quali due automatici che sono i veri interruttori della linea.

Attraversati questi ultimi apparecchi ed i trasformatori di corrente per gli amperometri, i conduttori passano al piano superiore



dove sono collocate le sei gabbie degli scaricatori: quindi escono all'aperto e distendendosi sulla doppia fila di pali si dirigono a Venezia.

***

Tutta la complessa installazione ora brevemente descritta viene governata e diretta dalla piattaforma dei quadri, vero ponte di comando della centrale.

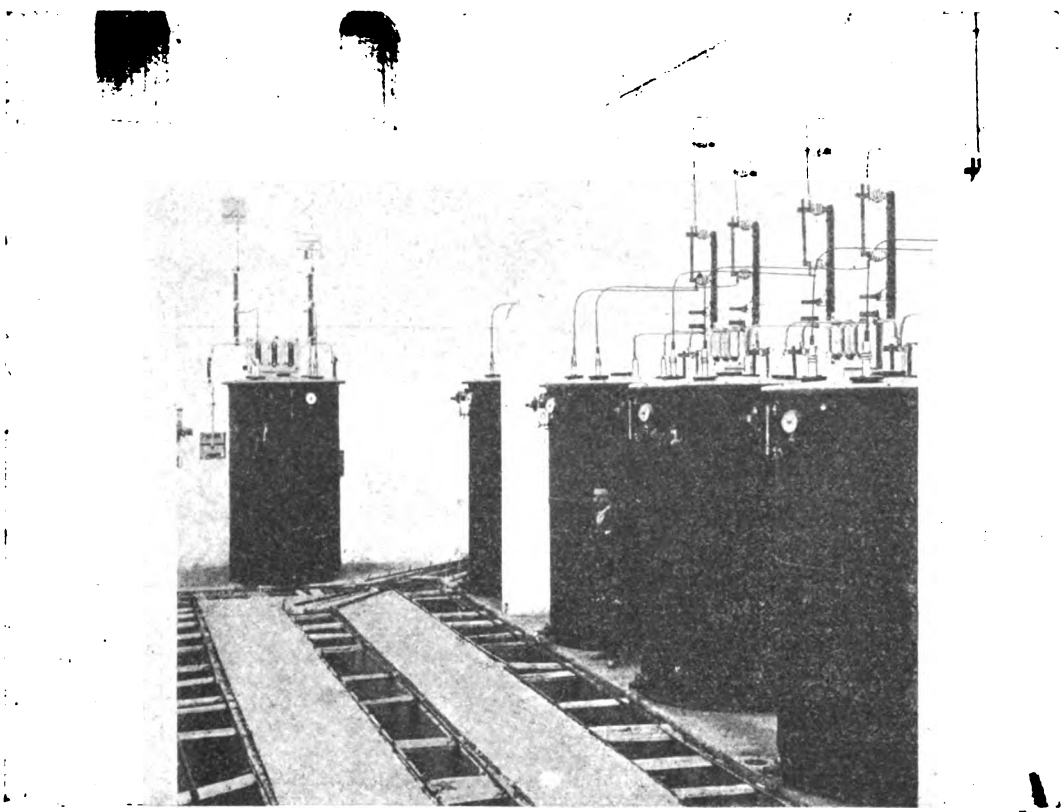
Sopra questa piattaforma che sorge ad un'estremità della sala macchine, a sufficiente altezza per dominarla, si trovano un quadro centrale, un corrispondente tavolo di manovra e due quadri laterali.

Digitized by Google

Il quadro centrale porta gli strumenti degli alternatori (amperometro, voltmetro, wattometro e relais per l'interruttore automatico) e gl'istrumenti dei due totalizzatori dell'anello (amperometri, voltmetri e wattometri registratori).

Il tavolo di manovra, in corrispondenza degli scomparti per gli alternatori, porta i volanini di manovra degl'interruttori e dei reostati di campo, gli amperometri e gl'interruttori dell'eccitazione, i voltmetri e le lampade di messa in fase.

Nella parte centrale, corrispondente agli scomparti totalizzatori, si trovano gli strumenti e gli apparecchi di manovra delle eccitatrici ed i volanini per il comando solidale dei reostati di campo.

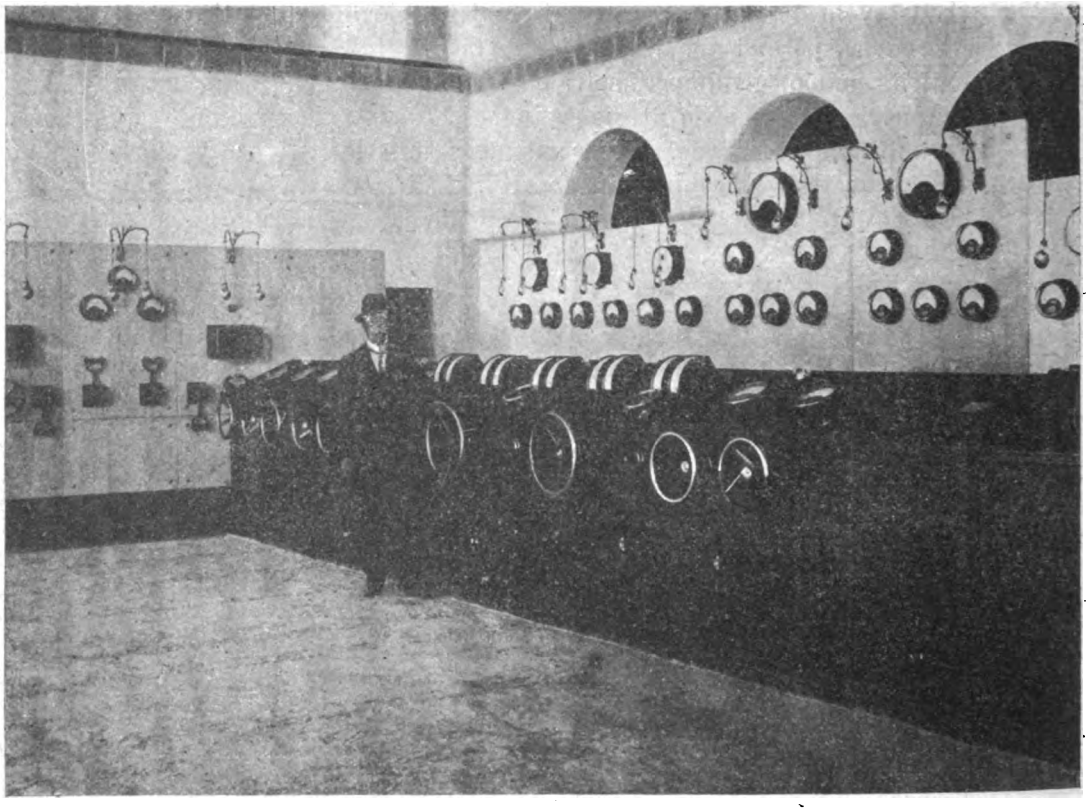


I quadri laterali sono invece destinati ai trasformatori; da una parte ci sono gli amperometri ed i volanini di manovra degl'interruttori dei circuiti primari (4000 volt) con relativi relais, e dall'altra, in corrispondenza, gli amperometri, i volanini e le impugnature di

Digitized by Google

manovra degli interruttori dei circuiti secondari (30,000 volt) coi relais per gl'interruttori automatici.

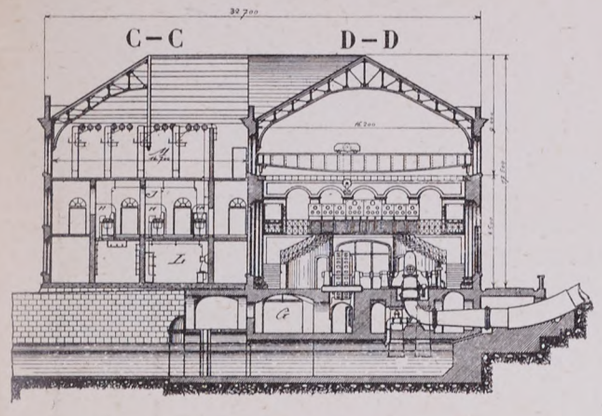
Ed infine, in mezzo a quest'ultimo quadro, i voltmetri di linea.

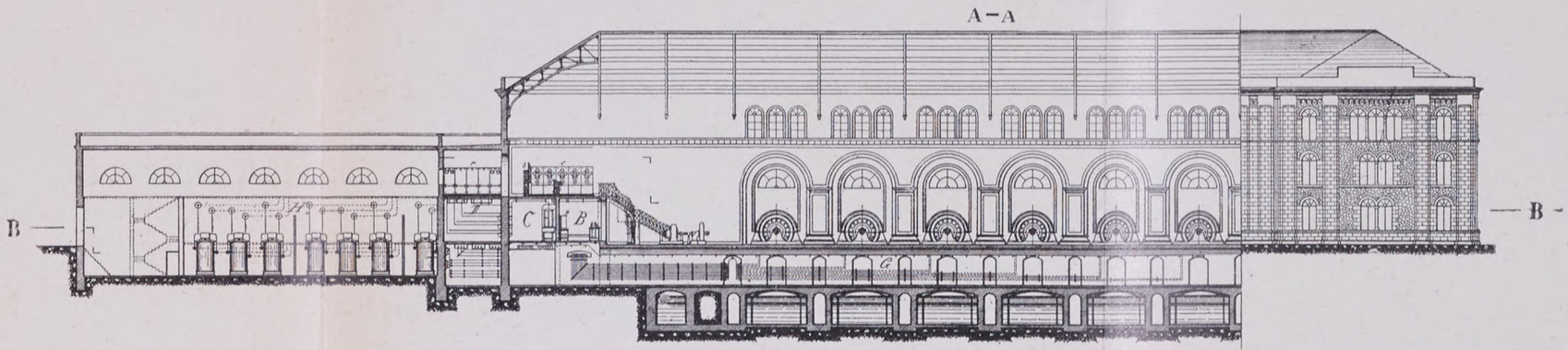


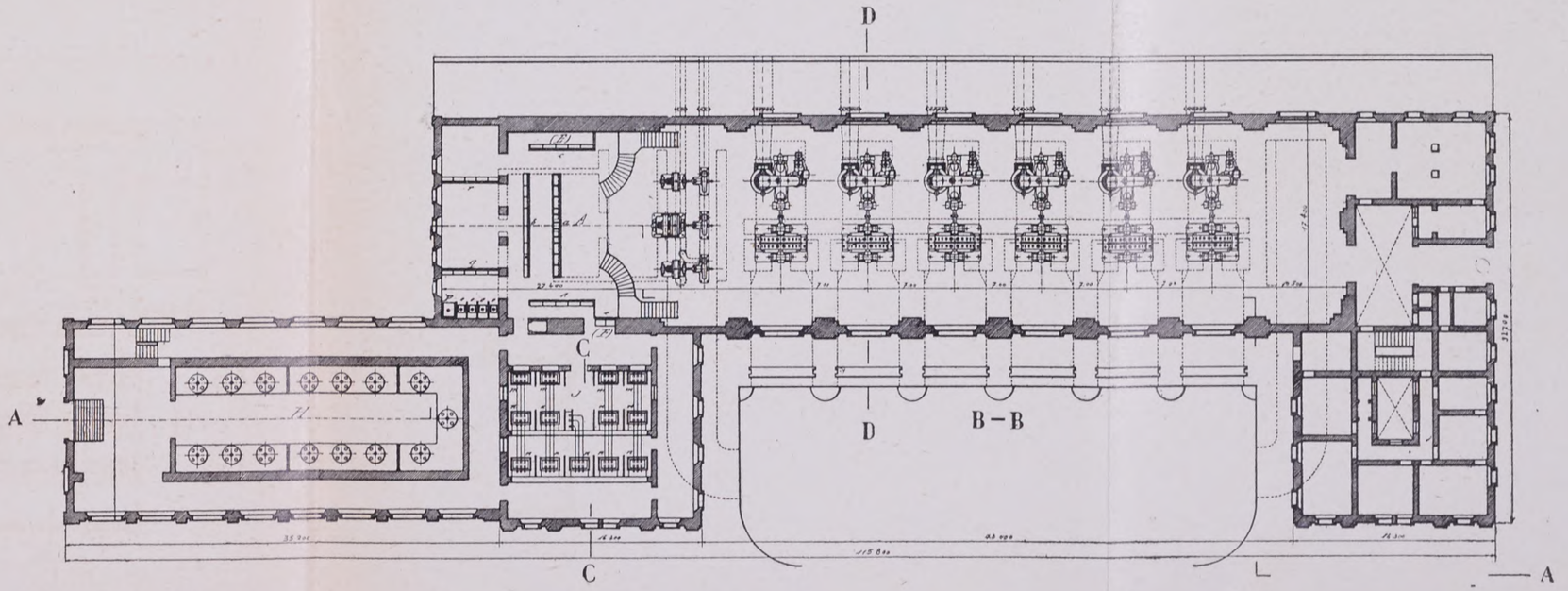
Si è in tal modo raggiunta la completa centralizzazione dei controlli e delle manovre, che permette di padroneggiare l'intera installazione, e questa particolarità dovrebbe essere garanzia di regolare e sicuro esercizio dell'impianto, quanto i larghi criterî che hanno informato tutto il lavoro.

La descrizione della linea e della stazione ricevitrice in Venezia seguirà.

Digitized by Google







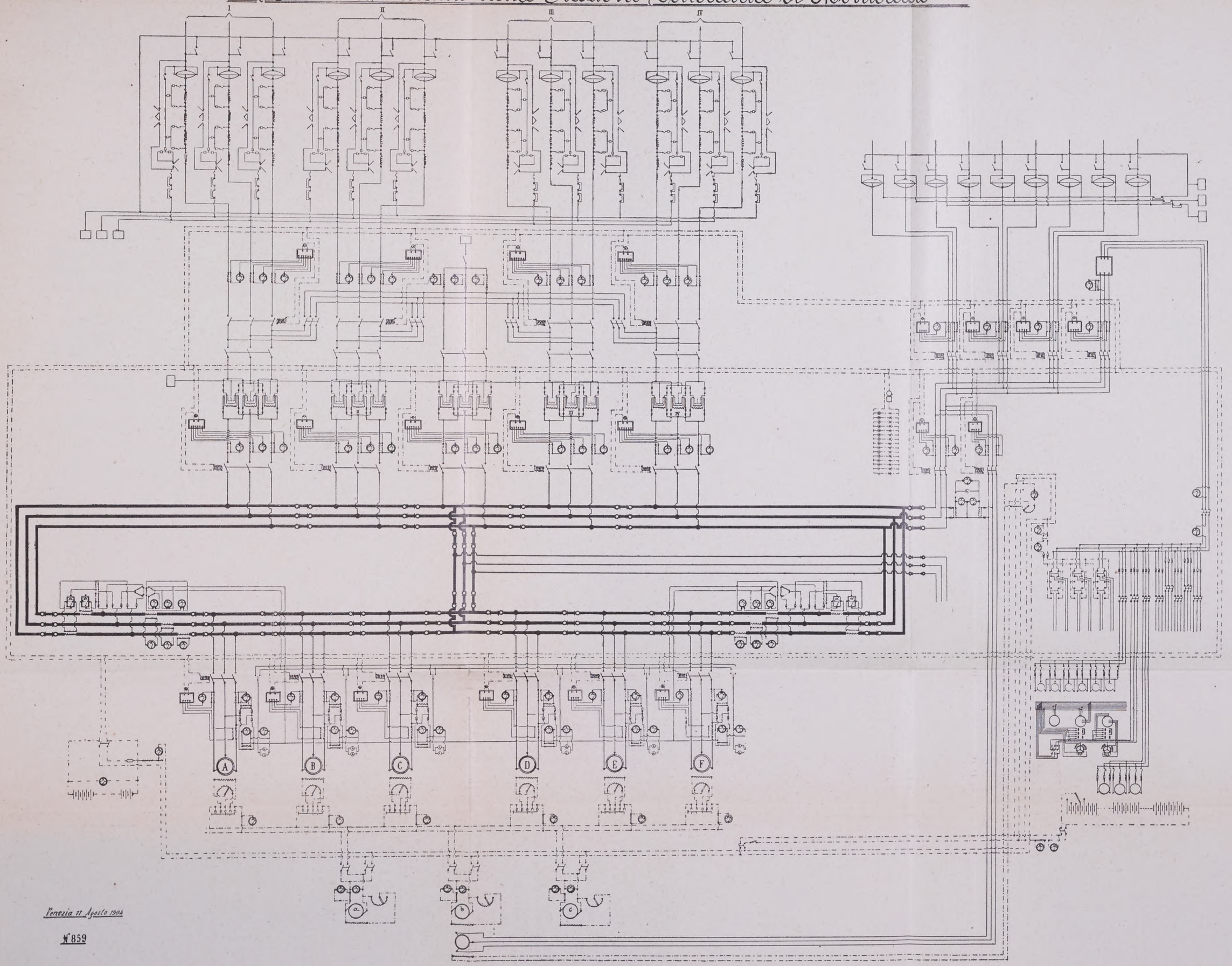
— Centrale Cellina. —

Scala 1:100.

Digitized by Google

Digitized by Google

Schema dei circuiti nella Stazione Generatrice di Montereale



Venezia 11 Agosto 1904

N° 859

Digitized by Google

Digitized by Google

N. 36.

SUI RISULTATI DELLE TURBINE A VAPORE PARSONS

NELLE CENTRALI ELETTRICHE

E SUI DIFFERENTI SISTEMI DI CONDENSAZIONE

CONFERENZA

tenuta dall' **Ing. E. VANNOTTI** *alla Sezione di Milano nella seduta del 7 luglio 1904.*

Signori ed egregi colleghi!

Le turbine a vapore accoppiate direttamente a dinamo e alternatori si sono, da un paio d'anni, così largamente introdotte nelle centrali elettriche che credo vi potranno interessare in proposito alcuni dati di esperienze e risultati della pratica che qui mi propongo di esporvi.

In seguito ad un colloquio avuto lo scorso inverno con l'emerito segretario di questa sezione, signor ing. Semenza, sarebbe stata mia intenzione intrattenervi dell'argomento già alcuni mesi fa, e ciò principalmente per riguardo all'attuale temperatura estiva, forse poco propizia alle riunioni serali in questa sala. Ho preferito nullameno differire fino ad oggi la mia comunicazione, onde poter aggiungervi anche i risultati di collaudo dei due turbo-alternatori da 1500 kw. installati nella centrale della Società Alta Italia a Torino, in via Bologna, e ciò perchè questi sono dati e risultati più facilmente controllabili qui in Italia, ove le turbine a vapore hanno, in confronto ad altri paesi, trovata finora una diffusione ancora assai limitata.

Come già dissi più sopra, parlerò delle turbine accoppiate, senza l'intermezzo di organi riduttori, a generatori elettrici, e lascio quindi in disparte la turbina De Laval, la quale, in causa degl'ingranaggi, non si presenta nella pratica che per potenze relativamente piccole (200 kw. circa massimi).

Non accennerò nemmeno a tutti gli altri sistemi di turbine a vapore che si prestano per l'accoppiamento diretto coi generatori elettrici e per potenze considerevoli, pel semplice motivo che all'infuori delle turbine Parsons, io non li conosco per pratica, ma solo da pubblicazioni che riguardano quasi tutte delle prove su primi modelli di nuovi tipi di turbine.

Digitized by Google

Vedo però, basandomi su queste pubblicazioni, che le caratteristiche di funzionamento, quali ebbi occasione di rilevare su un discreto numero di turbine — costruzione Brown-Boveri-Parsons — di varia potenza, si possono generalizzare come carattere ai differenti sistemi suaccennati.

Del resto, volendo parlarvi dei risultati della pratica, io devo forzatamente limitarmi alle turbine a vapore Parsons, perchè appunto solo questo tipo di turbina fra quelli anzidetti è al giorno d'oggi l'unico che trovasi da parecchi anni nella pratica, e che vanta dei successi troppo evidenti e ormai pienamente riconosciuti nel mondo tecnico e industriale.

Ciò premesso, credo opportuno descrivere avantutto brevemente il tipo della turbina Parsons, approfittando di questo modello da

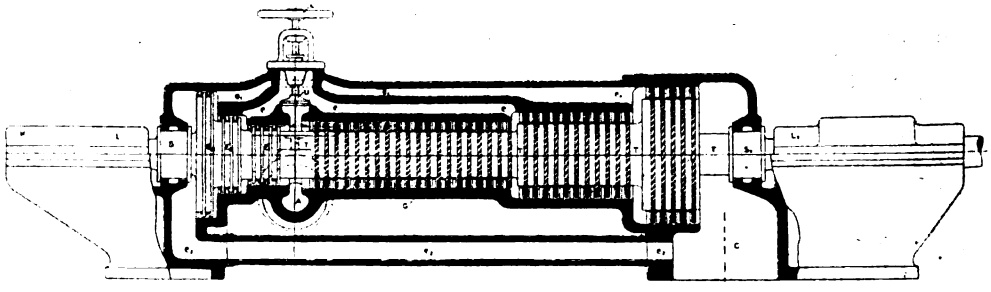


Fig. 1. Sezione schematica di una turbina Parsons.

conferenza, e di alcuni disegni e obbiettivi di proiezione che la Casa B. B. C. mi pose gentilmente a disposizione.

La turbina a vapore Parsons è una turbina assiale a piena ammissione, e viene costruita coll'albero orizzontale. Essa si compone di quattro parti distinte: di un tamburo mobile, di una carcassa fissa che circonda il tamburo, di una piastra di fondazione su cui poggia la carcassa, ed entro la quale sono disposti gli organi per la lubrificazione automatica dei cuscinetti, e infine di un apparecchio regolatore e distributore del vapore. (Segue descrizione orale al modello).

Il tamburo orizzontale è girevole col suo albero in due cuscinetti L L_1 (fig. 1) e munito di differenti gradazioni. La carcassa, o, meglio, la cassa cilindrica fissa, avente gradazioni corrispondenti, circonda e racchiude il tamburo, formando attorno allo stesso uno spazio concentrico, entro il quale si trovano differenti coppie di turbina. Le pale delle ruote direttrici, ossia dei distributori, sono fissate alla parete interna della cassa, e convergono in senso radiale

Digitized by Google

verso l'asse del tamburo, mentre le pale delle ruote mobili, fissate sulla periferia del tamburo, divergono in senso radiale all'infuori, ossia verso la cassa. Le corone parallele formate da queste ultime si muovono negl'intervalli liberi lasciati fra i distributori. Tanto la parete cilindrica interna delle ruote fisse che quella esterna delle ruote mobili sono sprovviste di diaframmi o d'involucri. Il vapore entra nella turbina per mezzo di un' unica valvola *V* situata all'altezza della gradazione del tamburo avente il più piccolo diametro *A*, e di là attraversa in senso assiale le differenti ruote, espandendosi successivamente fino al tubo di scarico *C*. Il salto totale, ossia l'intera differenza di pressione fra l'ammissione e lo scarico, resta per tal modo suddivisa in altrettanti salti parziali, quanto appunto è il numero delle ruote, permettendo di ottenere per tal modo delle velocità periferiche relativamente piccole.

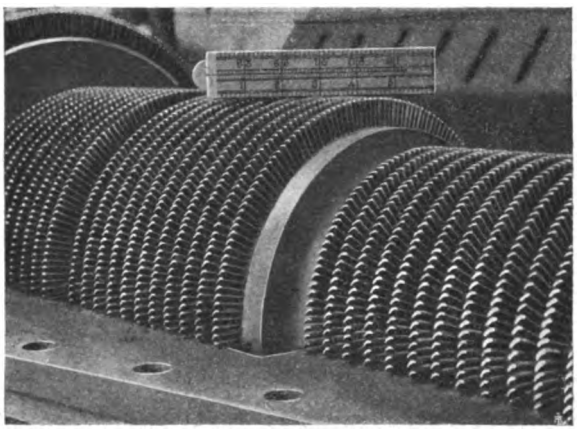


Fig. 2. Veduta di un tamburo colle ruote mobili, montato entro la metà inferiore del cilindro.

Le pale che in questo modello vennero per semplicità eseguite con una sezione rettangolare hanno in realtà una forma analoga a quella delle turbine idrauliche, come si vede da questa fotografia (fig. 2), che rappresenta in prospettiva una parte del tamburo d'una turbina. Una sezione cilindrica, fatta attraverso le coppie di ruote e sviluppata sul piano, si presenta press'a poco come lo dimostra questo schizzo (fig. 3).

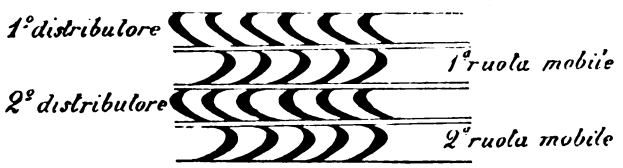


Fig. 3. Disposizione schematica delle pale.

Il lavoro del vapore, il quale ingenera, in modo analogo come l'acqua nelle turbine idrauliche, direttamente un moto rotatorio del tamburo *T*, può chiarirsi nel modo seguente: passando attraverso della prima ruota direttrice fissa, il vapore eseguisce una certa espan-

Digitized by Google

sione, mutando una parte della sua energia potenziale in energia cinetica. Il getto di vapore così formato batte contro le pale della prima ruota mobile seguente, esercitandovi un impulso d'azione, e si espande quindi successivamente anche in queste pale per entrare poscia nel susseguente secondo distributore fisso. La reazione prodotta nella ruota mobile da questo efflusso s'aggiunge ed accresce la spinta prodotta nella prima fase d'azione sulle pale. L'identico processo si ripete nella seconda coppia di ruote e nelle altre seguenti.

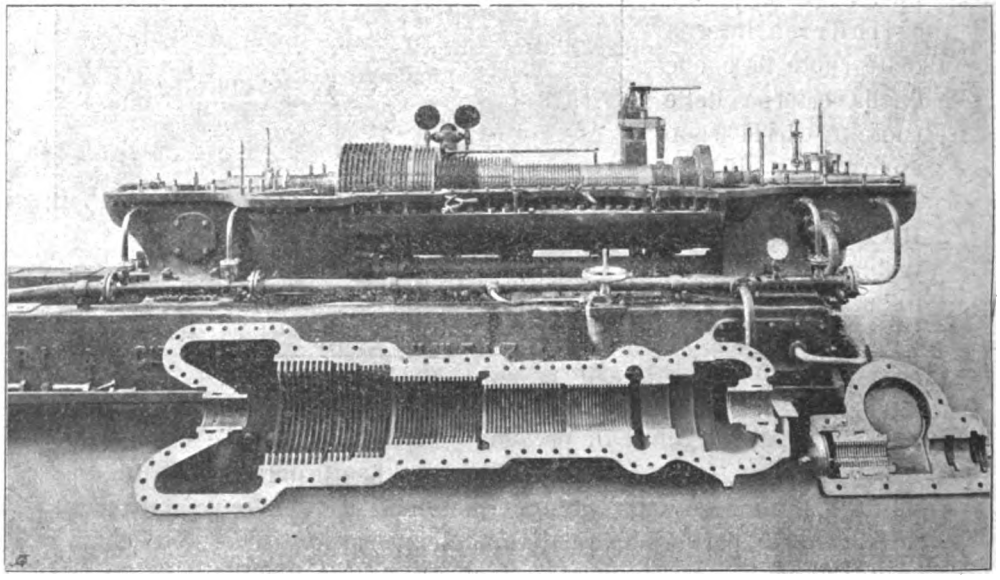


Fig. 4. Interno di una turbina da 400 cavalli.

La turbina Parsons utilizza quindi tanto il lavoro d'azione che quello di reazione del vapore che l'attraversa.

Man mano che la pressione del vapore, in seguito alle successive espansioni, diminuisce, il suo volume aumenta; la lunghezza radiale delle pale e il diametro delle gradazioni del tamburo vengono quindi aumentati, onde presentare al vapore espandente una sezione d'afflusso convenevolmente ingrandita (fig. 4). Le dimensioni delle pale, nonchè quelle di questi ingrandimenti, sono calcolate in modo che le coppie di ruote si ripartiscono press'a poco egualmente il lavoro a tutti i carichi della turbina.

Misurando le pressioni lungo il cilindro della turbina, si ottengono infatti dei valori che, portati graficamente sull'ascissa raffigurante la lunghezza del tamburo, danno una curva avente press'a

Digitized by Google

poco questa forma (fig. 5). Sulla scorta di questa curva, che rappresenta la legge secondo la quale il salto di pressione è ripartito sulle differenti coppie di ruote, si può calcolare il lavoro singolo di ogni coppia, e serve questa curva nella pratica come criterio per la ripartizione del lavoro nei singoli gruppi di ruote.

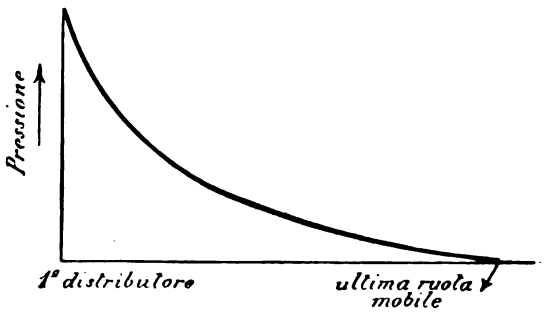


Fig. 5.

Il lavoro di reazione del vapore sulle ruote mobili, come venne più sopra descritto, produce una spinta assiale nel senso dell'efflusso. Questa spinta viene scaricata da stantuffi d'equilibrio E, E_1 E_2 (fig. 1) fusi d'un sol pezzo col tamburo, e aventi diametri corrispondenti alle gradazioni delle ruote mobili. L'equilibrio di pressione fra le corrispondenti gradazioni è stabilito a mezzo dei canali e, e_1 e_2 della carcassa. Questi stantuffi non strisciano contro la carcassa, ossia non hanno attrito con parti fisse di quest'ultima, e la necessaria tenuta è prodotta dal vapore stesso attraverso una speciale disposizione a labirinto. Sulla figura 6, che rappresenta il tamburo di una turbina da 2000 cavalli, visto nelle officine di Baden, si distinguono chiaramente i dettagli di questo dispositivo per quanto riguarda la parte mobile.

Questo modo di tenuta che potrebbe a tutta prima parere insufficiente, dà ottimi risultati. Molto probabilmente le molecole del vapore che tendono a sfuggire attraverso il labirinto, subiscono, al contatto delle parti mobili, una spinta centrifuga che le costringe, per così dire, a formare un velo, il quale fa appunto sufficiente tenuta, causa la resistenza che esso presenta alla fuga del vapore. L'identico metodo di tenuta è eziandio adoperato in $S S_1$ (fig. 1), all'uscita dell'albero dalla carcassa e impedisce l'entrata dell'aria nel condensatore. Il vapore necessario a produrre questa tenuta è quello di scappamento del servo-motore della distribuzione, come vedremo in seguito. Questo modo di tenuta eguaglia quello dei migliori premi-stoppa delle macchine a stantuffo. Così, ad esempio, colla turbina da 2000 cavalli a Rheinfelden ci fu dato di ottenere nella marcia senza carico un vuoto corrispondente al 98 per cento della pressione barometrica, ossia un grado di vuoto vapore, quale, in identiche circostanze e disposizioni della condensazione, si può appena ottenere colle macchine a stantuffo di più perfetta costruzione.

Digitized by Google

La distanza fra le corone dei distributori e quelle delle ruote mobili è di parecchi millimetri nel senso dell'asse; essa viene registrata secondo la giusta misura da un cuscinetto ordinario ad anelli, posto in testa all'albero presso *K*. Questo cuscinetto, o meglio questo perno di spinta, è completamente scaricato in seguito alla disposizione surriferita degli stantuffi scaricatori. Le turbine aventi due cilindri sono provviste naturalmente di due cuscinetti registratori,

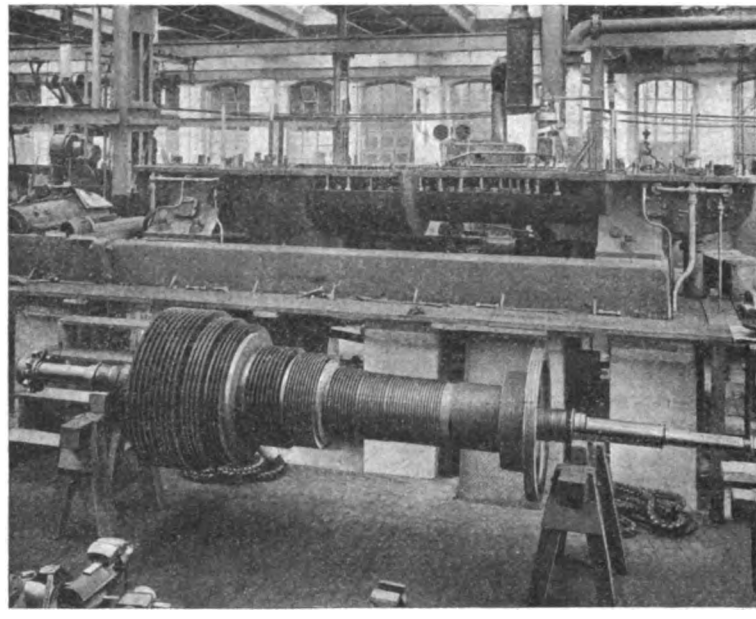


Fig. 6. Tamburo di una turbina da 2000 cavalli (nelle officine di Baden).

ossia di uno per ciascun cilindro. Questi cuscinetti possono essere registrati indipendentemente l'uno dall'altro, attesochè il giunto fra gli alberi dei due cilindri permette un certo giuoco nel senso dell'asse. Il giuoco delle pale nel senso radiale, ossia lo spazio libero fra la parte mobile e quella fissa, viene tenuto possibilmente entro piccoli limiti; esso è però sempre sufficientemente grande per non permettere che ne derivino degl'inconvenienti durante il servizio.

Le turbine Parsons vengono ordinariamente costruite per scarico nel vuoto, ossia con condensatore. Pei casi in cui si dovesse marciare a scappamento libero nell'atmosfera, aprendosi la valvola *U* (fig. 1) di « by-pass », puossi far giungere il vapore d'ammissione attraverso il canale *e*, direttamente ad una più grande gradazione del

Digitized by Google

tamburo. Il salto di pressione disponibile viene quindi ripartito sopra un numero di coppie di ruote convenevolmente ridotto, e d'altra parte si presenta al vapore una sezione d'efflusso ingrandita, quale appunto è necessaria, poichè, lavorando a scappamento libero, il rapporto di espansione è sensibilmente diminuito, e il consumo di vapore, a parità di lavoro, come nella marcia col condensatore, dev'essere naturalmente più grande.

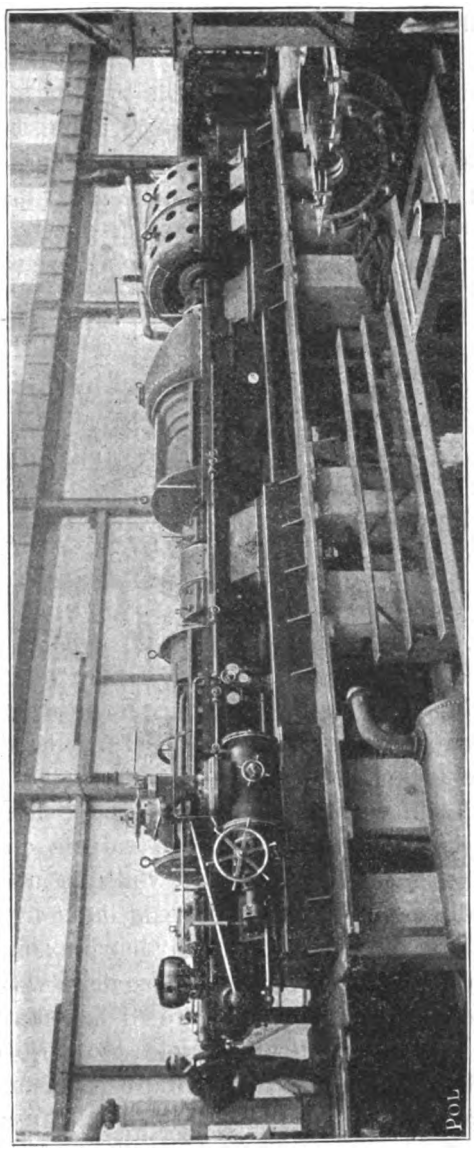


Fig. 7. Tubo alternatore da 5000 cavalli per la centrale di Francoforte s/M (nelle officine di Baden).

Fino ad un anno fa circa, le turbine di potenza superiore ai 2000 cavalli venivano, per ragioni costruttive, costruite con due cilindri con un cuscinetto frammezzo. L'intero salto di pressione viene ripartito su due tamburi, per modo che il vapore di scappamento del primo cilindro entra nel secondo per giungere dopo questo nel condensatore. Le due turbine da 2000 cavalli nella centrale elettrica di Elberfeld, quelle da 3000 a 5000 cavalli nella centrale di Porta Volta, e quella da 5000 cavalli nella centrale di Francoforte s/M (fig. 7), sono appunto costruite secondo questo principio.

Recentemente si costruiscono anche le turbine di più grande potenza in un solo cilindro, e ciò in seguito a disposizioni costruttive convenevolmente proporzionate. Così le cinque turbine, ciascuna da 8000 cavalli normali, 10,000 massimi, attualmente

Digitized by Google

in costruzione presso la S. A. Brown Boveri & C., di cui tre sono destinate per la centrale del Metropolitain di Parigi e due per la centrale di Essen, non hanno che un solo cilindro. Analoga disposizione avrà pure la turbina da 7-8000 cavalli, che la Società Edisson installerà l'anno prossimo nella sua centrale di Porta Volta.

E ora passiamo all'apparecchio distributore.

L'entrata del vapore nella turbina non avviene in modo continuo, ma intermittente, con 150-250 ammissioni al minuto. I diagrammi tolti coll'indicatore alla camera d'ammissione mostrano chiaramente il modo speciale d'ammissione del vapore a differenti cariche della turbina (fig. 8). Le ordinate di questi diagrammi rappresentano le pressioni del vapore, mentre le ascisse sono una funzione qualunque

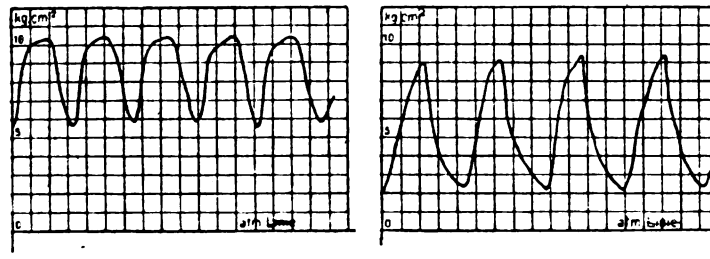


Fig. 8.

del tempo, ossia della velocità con cui si svolge il tamburo dell'indicatore. Man mano che il vapore procede entro la turbina, queste ondulazioni della pressione si attutiscono, tanto che press'a poco verso due terzi della lunghezza della stessa, la pressione ha un valore pressochè costante.

L'intermittenza nell'ammissione del vapore deriva da un movimento di va e vieni della valvola d'ammissione *V*. Questo movimento è prodotto alla sua volta da un servo-motore a vapore nel modo seguente. Come si vede dalla figura 9, che rappresenta uno schema del meccanismo di distribuzione, il vapore giunge alla camera d'ammissione per mezzo della valvola principale *E*, che si manovra a mano, e può entrare di là nella turbina quando la valvola *V* è sollevata. Il vapore penetra eziandio continuamente attraverso la piccola apertura *O* nel cilindro soprastante alla valvola, al disotto di uno stantuffo *B* fissato all'asta di quest'ultima. A seconda che il canale di scarico *D* è più o meno aperto (ciò che avviene per mezzo del piccolo distributore *G*), il vapore può sollevare più o meno lo stantuffo *B*, e conseguentemente la valvola equilibrata *V*, a doppia sede, vincendo lo sforzo della molla antagonista *F*. Questa molla

Digitized by Google

preme continuamente sullo stantuffo *B*, e tende a mantener chiusa la valvola *V*. Il distributore *G* eseguisce un movimento verticale di va e vieni, prodotto mediante un sistema di leve dall'eccentrico *X*. Questo è mosso alla sua volta per mezzo d'ingranaggi e di una vite perpetua dall'albero stesso della turbina, per cui il numero di oscillazioni del distributore è in relazione diretta colla velocità di rotazione della turbina. La posizione media di oscillazione del distributore *G* è sotto l'influenza del regolatore a forza centrifuga *R*, e

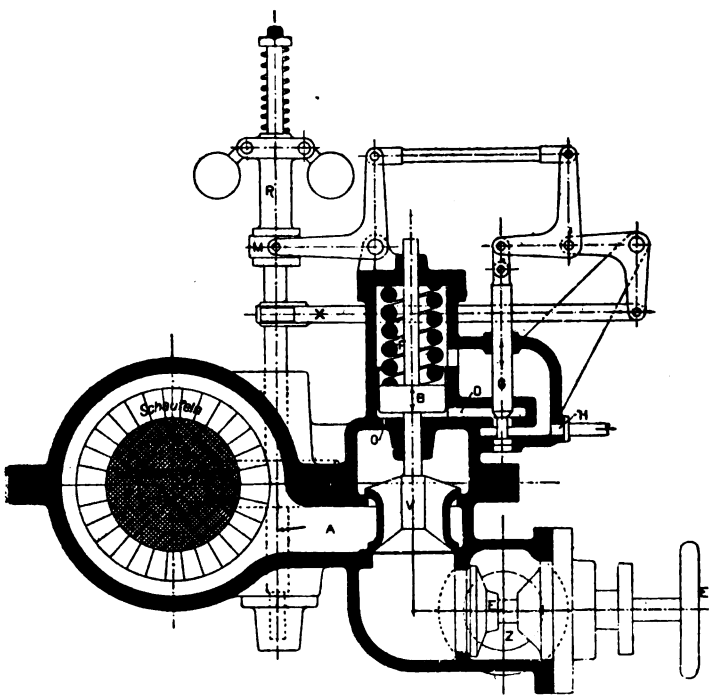


Fig. 9. Schema dell'organo distributore.

viene quindi variata a seconda della posizione che assume il manicotto *M* di quest'ultimo. Queste variazioni mutano evidentemente anche la posizione media di oscillazione dello stantuffo *B*, e quindi della valvola *V*, appunto secondo il principio dei servo-motori ordinari.

Questo modo speciale di ammissione del vapore a intermittenze ha il principalissimo vantaggio che tutti gli organi di distribuzione del vapore, trovandosi in continuo movimento oscillatorio, agiscono più facilmente, e permettono una regolazione più pronta, esatta e sicura che se gli stessi si trovassero allo stato inerte di riposo.

Digitized by Google

Come vediamo da questa fotografia che rappresenta uno dei turbo-alternatori da 1500 kw. di Torino (fig. 10) il tubo di scappamento del servo-motore comunica direttamente colla camera superiore allo stantuffo B e attraverso il tubo H sia si scarica nell'atmosfera (condotto M) durante il funzionamento della turbina a scappamento libero, sia affluisce per mezzo dei tubi $N\,N_1$ alle tenute a labirinto $S\,S$. che servono, come accennammo più sopra, a impedire l'entrata dell'aria nel condensatore. Un tubo D permette inoltre di aumentare

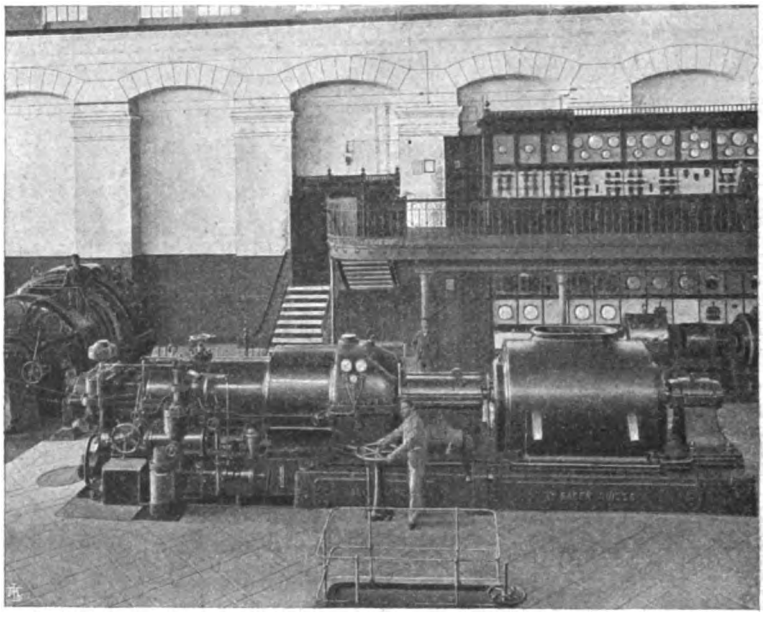


Fig. 10. Veduta di uno dei turbo-alternatori da 1500-1800 kw, Torino.

secondo i casi la quantità di vapore necessaria alle tenute suddette, immettendovi una piccola quantità di vapore dalla camera di ammissione.

La velocità di rotazione della turbina può cambiarsi durante la marcia per mezzo della molla antagonista Q (fig. 11), che agisce sul manicotto del regolatore centrifugo, e ciò entro i limiti di regolazione permessi da quest'ultimo. Questo requisito è particolarmente necessario per le turbine accoppiate ad alternatori che debbono marciare in parallelo con altri, onde permettere la messa in fase, nonchè la ripartizione del carico fra gli stessi.

Nei casi eccezionali in cui per una causa qualunque il meccanismo di distribuzione dovesse intopparsi, un regolatore a forza cen-

Digitized by Google

trifuga collocato sullo stesso albero del regolatore di marcia *R*, presso a poco all'altezza *Y*, fa chiudere automaticamente per mezzo di un semplice rinvio di leve, la valvola principale d'ammissione del vapore *E*, tosto che la velocità della turbina dovesse sorpassare del 12-15 per cento circa la velocità normale di regime.

La costruzione dei cuscinetti è degna di speciale attenzione. Nei tipi di turbine piccole e medie fino a 1000 cavalli circa, vengono adoperati dei cuscinetti formati da manicotti di bronzo concentrici infilati l'uno sull'altro. Gli strati d'olio, che trovansi nel sottile spazio cilindrico fra i manicotti, oppongono, causa la viscosità

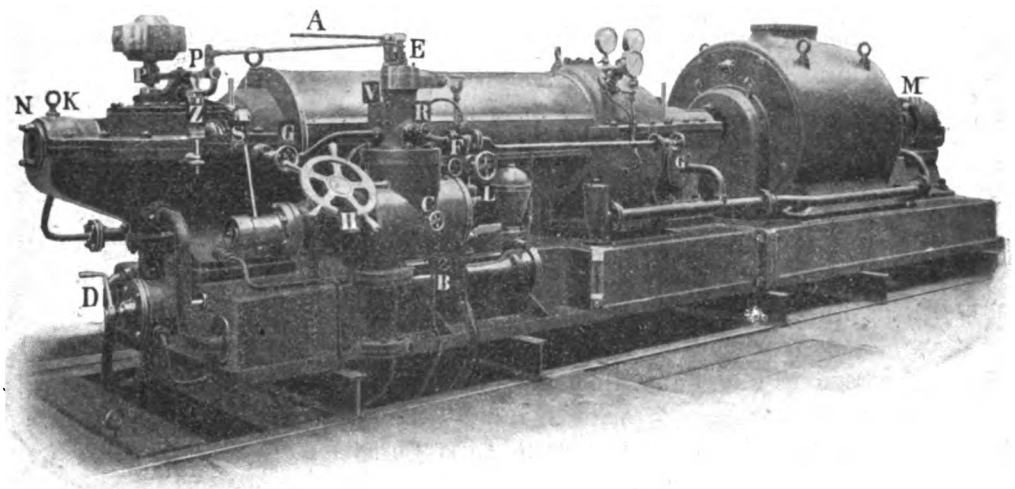


Fig. 11.

di questo liquido, una resistenza considerevole agli spostamenti rapidi e subitanei dovuti agli impulsi di eventuali vibrazioni dell'albero. Questi manicotti permettono per tal modo una miglior centratura dell'albero nel senso dell'asse di gravitazione del tamburo rotante e danno una certa elasticità ai cuscinetti. Nei tipi di turbine per grandi potenze e aventi velocità angolari più piccole, s'impiegano cuscinetti mobili a sfera, con raffreddamento a circolazione d'acqua.

La lubrificazione dei cuscinetti avviene con olio circolante sotto pressione, nel modo seguente: una pompa *P* azionata dall'albero della turbina per mezzo degli stessi ingranaggi e vite perpetua che azionano il regolatore e l'eccentrico *X*, aspira l'olio da un serbatoio che si trova nella stessa piastra di fondazione della turbina, e lo spinge attraverso un serpentino immerso in un bagno refrigerante a circo-

Digitized by Google

lazione d'acqua, posto eziandio nella piastra di fondazione, fino al tubo distributore *B*. Al principio del tubo premente è applicata una camera d'aria *W*. Dal tubo distributore partono differenti tubetti che adducono l'olio ai cuscinetti; l'olio sortendo da questi giunge in un tubo collettore e di là nuovamente nel serbatoio. Un manometro applicato alla camera d'aria *W*, serve a indicare continuamente se l'olio ha ognora la pressione necessaria per la giusta circolazione. Lo stesso olio viene adunque adoperato con ciclo continuo per la lubrificazione dei cuscinetti; un rinnovamento dello stesso è necessario solo dopo alcuni mesi. Nelle turbine di grandi proporzioni, tanto il serbatoio che il serpentino di refrigeramento dell'olio vengono ordinariamente posti nel sotterraneo.

La messa in funzione di una turbina è assai semplice (vedi descrizione orale) e richiede pochi minuti.

La velocità di rotazione delle turbine Parsons varia secondo la potenza, generalmente fra i 750 e i 4000 giri al minuto. Queste turbine si prestano quindi per un accoppiamento diretto con pompe centrifughe, con ventilatori, con le eliche delle navi e specialmente poi con generatori elettrici per trasporto e distribuzione di energia elettrica a scopo d'illuminazione o forza motrice, come vedemmo nelle differenti figure precedenti.

La costruzione di queste dinamo e alternatori che hanno velocità di rotazione finora insolite nell'elettrotecnica, presenta dei dettagli interessanti.

Il primo alternatore costruito dalla Casa B. B., e destinato alla filatura dei signori Wild e Abegg a Sant'Antonino di Susa, è conforme al tipo usato fino allora dalla Casa Parsons, ossia, come vedete dalla figura 12, l'indotto è girevole. Questo alternatore aveva due poli corrispondenti alla periodicità di 50 alternazioni al secondo con 3000 giri al minuto.

A parte l'estetica, questo tipo di macchina presenta alcuni inconvenienti: mi limiterò ad accennare solo alla maggior lunghezza causata dagli anelli di contatto dell'armatura, alle difficoltà pratiche di raccogliere da questi la corrente a un potenziale, nonchè ad una velocità di rotazione elevati, e poi alle difficoltà costruttive per gli avvolgimenti dell'indotto, specie poi se ad alta tensione. Questo tipo di alternatore, che fu del resto causa involontaria dell'insuccesso ormai troppo conosciuto di questo primo gruppo elettrogeno della Casa Brown Boveri, venne tosto abbandonato. Prima però di passare alla descrizione del nuovo tipo d'alternatore adottato dalla Casa B. B. C., permettetemi che nell'interesse tecnico della cosa io

Digitized by Google

esponga qui brevemente i veri motivi dell'insuccesso suaccennato, insuccesso che discreditò a torto la causa delle turbine Parsons, specialmente in Italia.

Questo turbo-alternatore funzionò normalmente all'epoca delle prove nelle officine di Baden: una volta però montato a Sant'Antonino di Susa si manifestarono, già fin dalla prima messa in moto, delle vibrazioni nell'alternatore, che raggiungevano alla velocità normale di 3000 giri delle proporzioni inquietanti. Erano vibrazioni

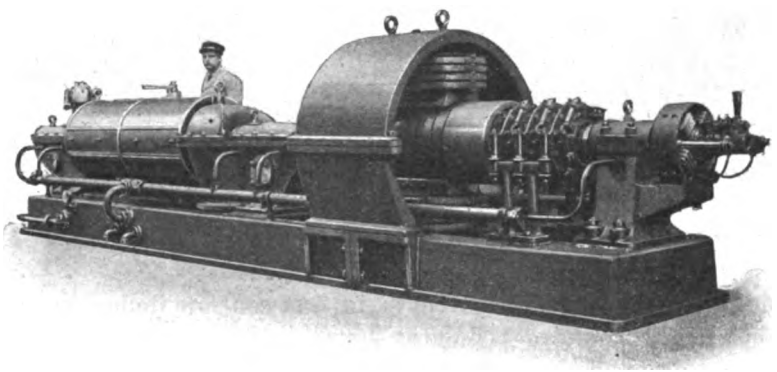


Fig. 12. Turbo alternatore con indotto rotante.

che avevano uno spiccato carattere di risonanza, poichè a 1000-1200 giri e verso i 2200-2500 giri esse scomparivano quasi totalmente.

Io ebbi occasione di passare quattro lunghe settimane in tentativi infruttuosi di bilanciamento dell'indotto, di modificazioni al giunto fra la turbina e l'alternatore, ecc., finchè, osservando che dopo ogni giorno completo di riposo dell'impianto, la macchina produceva vibrazioni tollerabili, potemmo giungere alla conclusione che lo stato della fondazione causasse il fenomeno. Sciolti infatti i bulloni di ritegno del supporto esterno dell'alternatore, le dette vibrazioni diminuirono grandemente, per cessare quasi completamente quando il basamento dell'alternatore a detto supporto vennero convenevolmente puntellati.

La macchina potè funzionare in questo stato per un mese circa. Un bel giorno però la turbina non potè più essere avviata per un guasto che stavolta era davvero a suo carico. Il lubrificante formato da una miscela di olio valvolina e olio d'olivo, aveva, per gli acidi contenuti in quest'ultimo, corroso talmente l'albero della macchina nei cuscinetti, da rendere necessaria la tornitura di un millimetro circa. Nel frattempo veniva messo in funzione l'impianto idroelet-

Digitized by Google

trico, al quale il turbo-alternatore doveva servire da riserva, per modo che questo non ebbe più a funzionare, e venne anzi ritirato dalla Casa costruttrice, previo amichevole compromesso colla Ditta committente. Tengo però a ripetere che la turbina a vapore per sè stessa non ha colpa alcuna dell'insuccesso, tanto è vero che la medesima, verniciata a nuovo e accoppiata a un altro generatore elettrico,

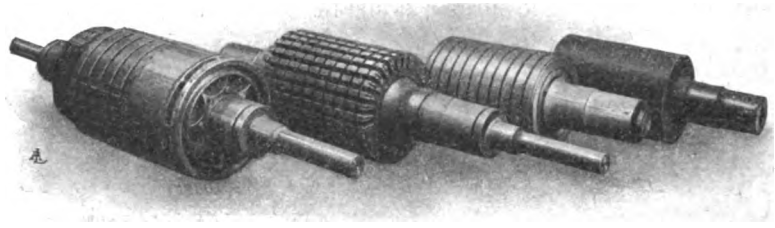


Fig. 13. Campo magnetico
di un alternatore in differenti stati della fabbricazione.

funziona ora già da parecchi mesi in una centrale della Germania, a piena soddisfazione del cliente.

Dopo questa digressione torniamo all'argomento del nuovo tipo d'alternatore. Brown basandosi su esperienze eseguite su motori asincroni, nei quali il rotor eccitato con corrente continua fungeva da campo magnetico, funzionando lo stator come indotto, ideò un alternatore consimile, in cui l'indotto è fisso e l'induttore girevole.

Fig. 14. Campo magnetico completo.

L'indotto fisso si presta evidentemente molto bene per gli avvolgimenti ad alta tensione: ecco quindi eliminata la prima difficoltà, mentre l'induttore a foggia d'un rotor presenta degli evidenti vantaggi d'ordine meccanico per la montatura degli avvolgimenti d'eccitazione.

Vedi figura 13 che mostra un campo magnetico in differenti stadi di fabbricazione, e figura 14 che mostra il campo magnetico completo. (Spiegazione orale del sistema di ventilazione forzata).

E qui sorge spontanea la domanda: quali sono gli svantaggi di un tipo simile d'induttore? posso assicurarvi che non è davvero il

Digitized by Google

caso di parlare di svantaggi. E valga il vero: l'energia consumata nell'eccitazione è normale: il campo magnetico dei turbo-alternatori da 1500 kw. a Torino consuma a pieno carico dell'alternatore 6,5 $^0/_{00}$ dell'energia totale con cos. $\varphi = 1$, e 9,5 $^0/_{00}$ con cos. $\varphi = 0{,}8$. Devo però far notare che la caduta di potenziale di questi alternatori a cos. $\varphi = 1$, è alquanto superiore a quella che si riscontra generalmente negli alternatori a bassa velocità, ben proporzionati: a cos. $\varphi = 0{,}8$ o 0,7, invece, la stessa entra nei limiti normali. Io credo che ciò dipenda dal fatto che il campo di reazione, il quale negli alternatori ordinari si chiude in gran parte attraverso i vani posti fra i poli, ossia attraverso l'aria, nel nostro caso, e in alternatori aventi proporzioni normali, questo flusso reattivo dell'armatura trova, per forti spostamenti di fase, ossia quando il ferro dell'induttore è già quasi saturo pel flusso attivo dovuto all'aumentata eccitazione, una resistenza magnetica più considerevole di quella che non troverebbe nell'aria.

Così, ad esempio, avviene che fra due alternatori di ugual potenza, l'uno a bassa velocità e molti poli (ciascuno avvolto), l'altro del tipo suddetto a gran velocità, e 2 oppure 4 poli, la caduta di potenziale a cos. $\varphi = 0{,}75$, ad esempio, essendo identica in entrambi i casi, quella del primo per cos. $\varphi = 1$, non sarà che un terzo circa, e quella del secondo poco meno della metà di quella anzidetta a cos. $\varphi = 0{,}75$. In altre parole la sensibilità nella caduta di potenziale in funzione delle variazioni nello spostamento di fase è nei turbo-alternatori anzidetti generalmente minore di quella degli alternatori ordinari.

Un'altra domanda che s'affaccia evidentemente a proposito di questi campi magnetici è quella delle perdite per correnti di Foucault indotte nel nucleo sia dalle variazioni della resistenza magnetica in causa dei fori dell'indotto, che dal flusso di reazione. E qui dirò che queste perdite esistono purtroppo e diminuiscono anche il rendimento dell'alternatore: esse non sono però tali da compromettere, pel riscaldamento che producono, il buono stato dell'isolante che ricopre gli avvolgimenti, incassati nei fori del campo magnetico.

Per limitare dette perdite, questi induttori vengono costruiti infatti generalmente con nuclei di lamelle di ferro da 5 fino a 10 decimi di millimetro e più di spessore. Se però le correnti indotte in questi nuclei sono da evitare in quella parte di essi che circonda l'avvolgimento induttore, esse invece sono desiderabili sulla superficie polare, perchè aumentano la stabilità della marcia in parallelo.

Digitized by Google

Brown, basandosi sulle esperienze da lui eseguite molti anni fa sui primi motori asincroni costrutti col rotor a gabbia, pensò utilizzare delle sbarre di rame nudo infilate alla periferia dei nuclei sulla superficie dei poli per dar rigidità al corpo rotante, e stabilendo in pari tempo fra i dischi di lamiera un contatto appropriato per la circolazione delle anzidette correnti di Foucault. Per evitare delle noie in causa del brevetto di Hutin e Leblanc, riferentesi ai ben noti circuiti ammortitori, i quali, sia detto qui, sono nel brevetto espressamente designati come composti di sbarre isolate (dunque non nude) e tendono a produrre non correnti di Foucault, bensì correnti nel circuito proprio identiche a quelle dei motori con indotto a gabbia, Brown lasciò da parte la primitiva disposizione con queste sbarre, dando appropriate proporzioni ai campi magnetici, senza incontrare perciò difficoltà nella marcia in parallelo.

E qui credo opportuno citare nuovamente i due turbo-alternatori da 1500 kw. di Torino, i quali sono sprovvisti dalle sbarre anzidette e che marciano in parallelo colle 5 centrali idroelettriche della Società Alta Italia, su una rete di 130 chilometri circa, senza la minima difficoltà. Aggiungerò anzi che la marcia in parallelo si compì fin dal primo giorno della messa in servizio in modo perfetto.

Ed ora passiamo alle dinamo a corrente continua, le quali anche esse presentano non lievi difficoltà di costruzione quando si tratta di velocità relativamente elevate, quali quelle delle turbine a vapore.

Accennerò fra altro ai dispositivi per lo spostamento automatico delle spazzole. (Descrizione orale del sistema Parsons, che fa dipendere lo spostamento in funzione del carico dalla pressione proporzionale del vapore nella turbina, mediante un servo-motore a vapore), ecc.

Questi dispositivi rendono il servizio evidentemente alquanto delicato, senza contare che per la velocità periferica relativamente alta del collettore, nonchè per le inevitabili trepidazioni dello stesso che fanno saltellare le spazzole, è necessario una cura e un governo speciale di queste ultime onde evitarne lo scintillamento.

In vista di queste difficoltà, la Casa Brown Boveri adottò il sistema di dinamo Deri caratterizzato dall'avvolgimento compound, così detto compensatore, in quadratura sull'avvolgimento in derivazione. Il campo magnetico lamellato (fig. 15) simile a quello degli alternatori anzidetti, però fisso, porta i due avvolgimenti entro scannellature, essendo queste distribuite verso la periferia interna.

Come si vede, l'avvolgimento compound è spostato rispetto a quello in derivazione di una mezza distanza interpolare.

Digitized by Google

Noi dobbiamo adunque considerare in questa dinamo tre campi distinti: l'uno il campo d'eccitazione, propriamente detto, prodotto dall'avvolgimento in derivazione; l'altro, il campo di reazione dell'armatura, la cui direzione è determinata dalla posizione delle

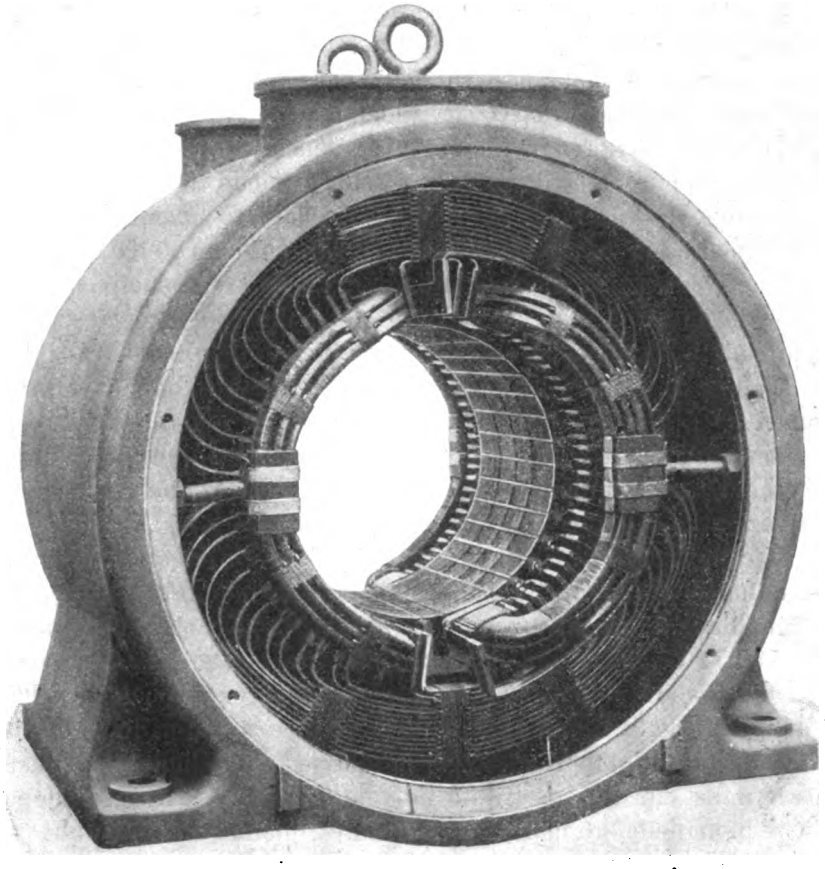


Fig. 15. Turbo-dinamo da 180 kw. (nelle officine di Baden).

spazzole, e il terzo, quello dell'avvolgimento compound perpendicolare al primo. Quest'ultimo, il quale è attraversato dalla corrente di carico della macchina, quando la posizione delle spazzole è convenevolmente stabilita agisce sulle spire dell'armatura messe in corto circuito dalle spazzole durante il periodo di commutazione in modo da evitare lo scintillamento, ed ha inoltre un'azione compensatrice

Digitized by Google

sulla reazione dell'indotto, evitando perciò, entro certi limiti determinati appunto dalla posizione delle spazzole e dalla corrente che lo attraversa, la caduta di potenziale della macchina.

La zona neutra entro la quale le spazzole possono esser spostate senza scintillamento è generalmente alquanto limitata; uno spostamento delle stesse produce però sempre uno spostamento del campo reattivo dell'indotto all'infuori della posizione che corrisponde alla perfetta compensazione da parte dell'avvolgimento compound. Si può adunque, spostando le spazzole, indebolire o aumentare l'azione del campo compensatore in maniera d'ottenere automaticamente un aumento, oppure una diminuzione della tensione della macchina in proporzione del carico. Questo vantaggio ha però anche il suo guaio per la marcia in parallelo. (Relazione orale sul caso della dinamo di Berlino, che assunse velocità altissime, avendo funzionato come motore-serie alimentato dalla corrente della dinamo in derivazione a forte caduta di tensione che lavorava in parallelo).

D'allora in poi la Casa Brown Boveri in tutti quei casi in cui non si ha a disposizione della corrente a potenziale costante, come ad esempio una batteria d'accumulatori, munisce queste dinamo di un'eccitatrice direttamente accoppiata per l'eccitazione del campo in derivazione. Vedi fig. 16 e 17 (descrizione orale).

A conferma degli ottimi risultati che si ottengono con queste macchine, citerò la Centrale di Heidelberg, nella quale funziona una turbina da 250 hp. che aziona una dinamo a 550 volt per le tramvie della città. Le variazioni di carico sulla rete sono eccezionalmente forti e brusche: in causa però della perfetta regolazione delle turbine e di quella della dinamo, la batteria di accumulatori che la città aveva installato dapprincipio per la marcia in parallelo colle dinamo mosse dalle motrici a stantuffo, divenne inutile, e non si adopera più se non nelle ore mattutine e di notte, quando il carico della rete essendo assai diminuito, la turbina viene fermata.

Ed ora passerò a parlare dei condensatori, ossia verrò a trattare dell'argomento che nella mia intenzione forma lo scopo principale di questa mia comunicazione.

Signori! Quando si vuol costruire una centrale elettrica, nel 90 % dei casi è infatti l'ingegnere elettrotecnico che viene incaricato di studiare il progetto completo, che deve giudicare sui sistemi e sull'opportunità delle macchine motrici. Quando poi si tratta di una centrale a vapore, il caso è complesso e il problema della condensazione è sovente tutt'altro che semplice. Il più delle volte si adotta quel sistema di condensazione che comporta la minor spesa d'impianto, e se una

Digitized by Google

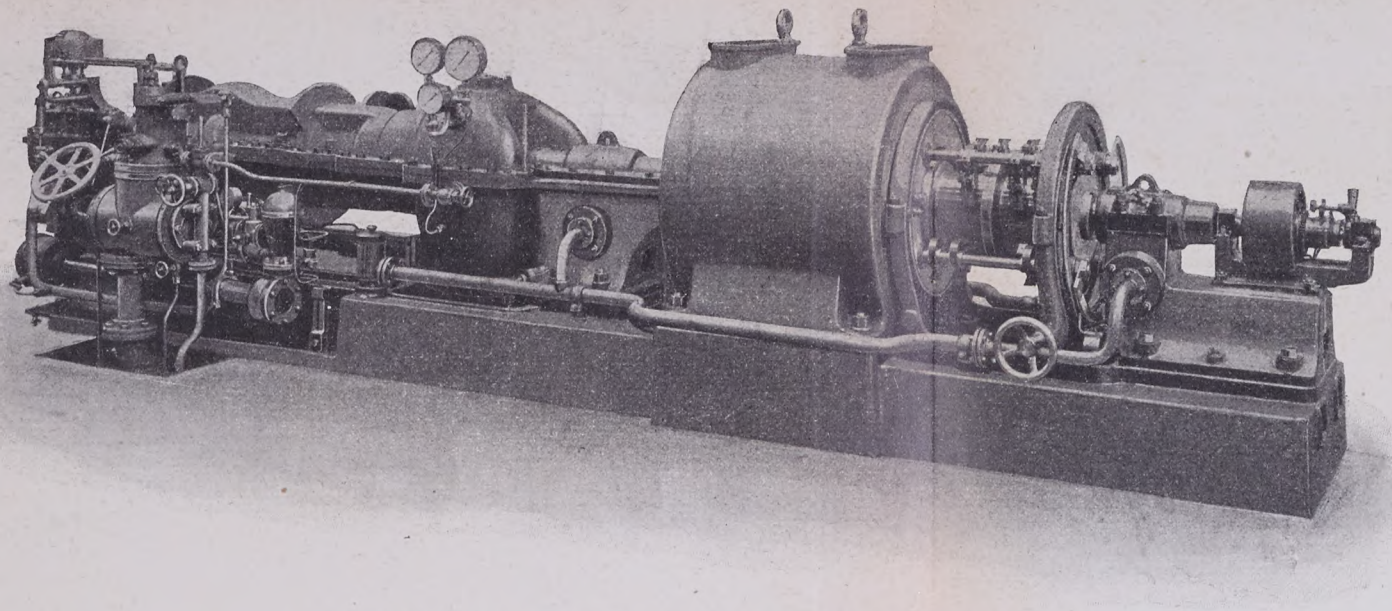


Fig. 16. Turbo-dinamo da 180 kw. (nelle officine di Baden).

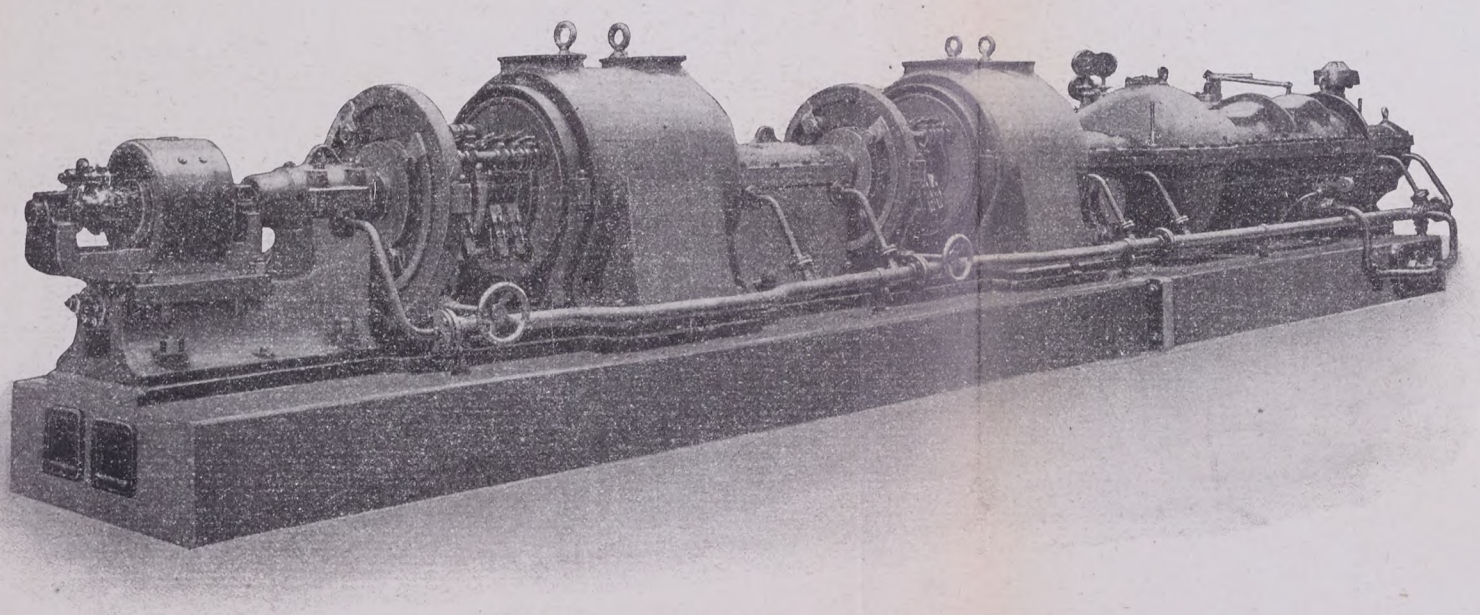


Fig. 17. Turbo-dinamo-tandem da 280 kw. per distribuzione a 3 fili.

Digitized by Google

Digitized by Google

decisione simile può avere la sua giustificazione quando si tratta di motrici a stantuffo, non si può ugualmente giustificare quando si tratta dell'impianto di turbine a vapore. Per queste ultime la questione di ottenere un buon vuoto, anzi il grado di vuoto il più alto che possano permettere le condizioni dell'acqua disponibile per la condensazione, è questione di grande, di capitale importanza.

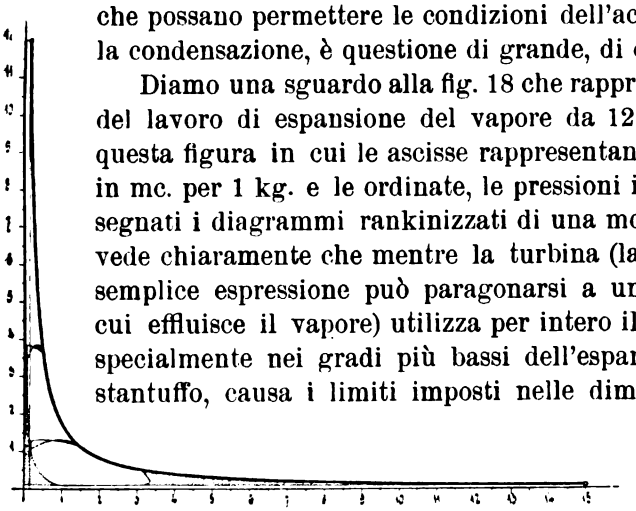


Fig. 18.

Diamo una sguardo alla fig. 18 che rappresenta il diagramma del lavoro di espansione del vapore da 12 a 0.1 atmosfere. In questa figura in cui le ascisse rappresentano volumi del vapore in mc. per 1 kg. e le ordinate, le pressioni in kg. per cmq. sono segnati i diagrammi rankinizzati di una motrice a triplice, e si vede chiaramente che mentre la turbina (la quale nella sua più semplice espressione può paragonarsi a una tromba conica da cui effluisce il vapore) utilizza per intero il lavoro qui segnato, specialmente nei gradi più bassi dell'espansione, la motrice a stantuffo, causa i limiti imposti nelle dimensioni del cilindro a bassa pressione, non può utilizzare di questi ultimi che una piccola parte.

Vediamo infatti dalla fig. 19 che nei gradi di vuoto suaccennati per una piccola diminuzione della contropressione nel condensatore, per esempio da 0.1 a 0.07 kg. cmq. il volume di un kg. di vapore aumenta da 15 a 20 mc.; da 0.1 a 0.05 kg. cmq. il volume passa da 15 a 30 mc. circa, ossia si raddoppia; un cilindro di bassa pressione di una motrice che volesse utilizzare non diciamo tutto, ma almeno gran parte del lavoro corrispondente, quale rileviamo dal diagramma, dovrebbe assumere delle dimensioni colossali, dirò meglio fantastiche. Del resto, a parte la questione del costo, noi ci troviamo nelle motrici a stantuffo di fronte alle maggiori perdite di attrito, che aumentano col crescer del volume del cilindro e che superano assai presto il guadagno che si potrebbe ricavare aumentando il grado d'espansione del vapore.

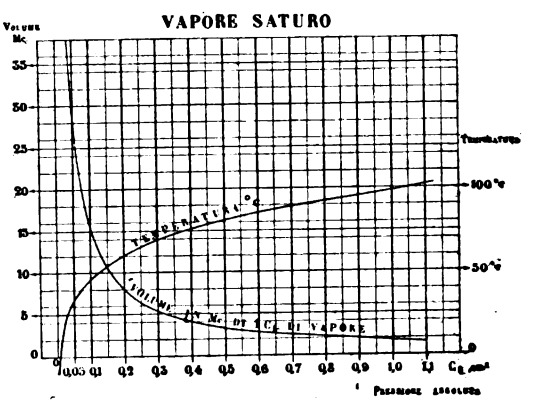


Fig. 19.

Digitized by Google

La motrice a stantuffo deve quindi alla fine dell'espansione accontentarsi di un salto di pressione abbastanza rilevante, nonchè di sensibili perdite pel raffreddamento del cilindro a bassa pressione. Il salto di temperatura per queste pressioni del vapore è infatti relativamente forte come lo dimostra il carattere della curva della temperatura nella fig. 19.

Generalmente colle motrici a stantuffo e per gradi di vuoto che si aggirano fra il 70 e il 90 %, si può calcolare che si guadagna circa l'1 % sul consumo del vapore per ogni 3 cm. di aumento nel vuoto.

Il prof. Josse di Charlottenbourg eseguì recentemente in proposito delle esperienze assai interessanti su una motrice a triplice da 200 cavalli installata nel laboratorio del Politecnico di quella città. Egli determinò il consumo di vapore (a carico e pressione d'ammissione costanti) con differenti gradi di vuoto al condensatore varianti fra 70 e 90 per cento, e trovò che per diminuire il consumo di vapore dell'1 per cento, è necessario aumentare il grado del vuoto del 3.5 per cento. Il prof. Josse trovava anzi in queste esperienze che, considerando anche il lavoro per la quantità d'acqua circolante nel condensatore a superficie adoperato, e che faceva variare, aseconda del grado di vuoto che egli voleva ottenere, il miglior rendimento termodinamico della motrice si trovava non già al grado di vuoto più alto, bensì al grado compreso fra il 75 e l'80 per cento.

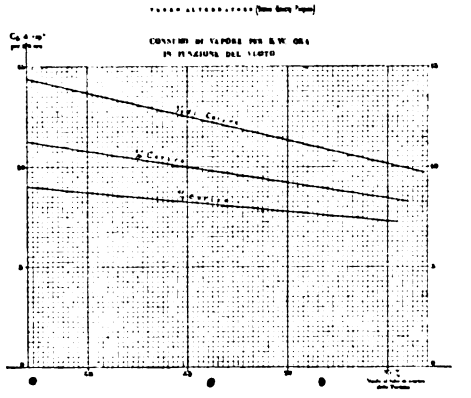


Fig. 20.

Consideriamo ora la fig. 20, la quale rappresenta il consumo di vapore a pieno, mezzo e un quarto di carico di un turbo-alternatore in funzione del vuoto al condensatore. Queste curve rappresentano, come carattere, i risultati di esperienze che ebbi occasione di eseguire su un discreto numero di turbo-generatori B. B. P. di potenza variabile fra i 300 e i 1500 kw., ecolle quali curve tutti i risultati di esperienze osservati qualitativamente sono concordanti con grande approssimazione. Da esse rileviamo che aumentando il grado di vuoto di 1 per cento, il consumo di vapore diminuisce del 2 per cento circa. Questa diminuzione, ossia questo guadagno, è più sensibile, cioè più grande nei tipi di turbina di più grande potenza.

Digitized by Google

Dirò anzi di più: che cioè sorpassando il 94-95 per cento di vuoto queste curve tendono ad abbassarsi maggiormente, realizzando quindi nel consumo di vapore un risparmio proporzionalmente maggiore. Veramente per questi gradi di vuoto così bassi si dovrebbe attendere un risultato contrario causa le maggiori perdite d'attrito nelle pale, nonchè quelle di scarico quale comporta l'aumentata velocità dovuta all'aumento specifico del volume del vapore; io credo che la causa compensatrice deve cercarsi non tanto nel fatto che le perdite alla periferia delle pale in queste regioni assintotiche del diagramma diminuiscono in ragione del salto di pressione specificamente minore per la stessa quantità di lavoro, quanto pel fatto che il diagramma delle velocità per la forma delle pale adottata migliora sensibilmente le condizioni di lavoro di queste.

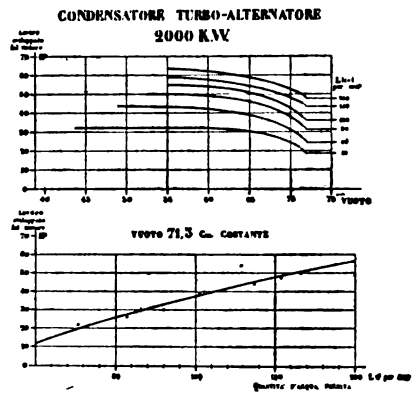


Fig. 21. Diagramma del consumo d'energia di un condensatore a miscela.

È a torto diffusa l'opinione che i vantaggi che si ottengono coll'aumento del grado di vuoto devono d'altra parte comperarsi a caro prezzo per l'aumentato lavoro che richiede in questi casi la condensazione. Questa fig. 21 che rappresenta i valori del consumo d'energia che rilevai sul condensatore a miscela di un turbo-alternatore da 2000 kw. in funzione del vuoto e a differenti erogazioni d'acqua, dimostra infatti tutto il contrario.

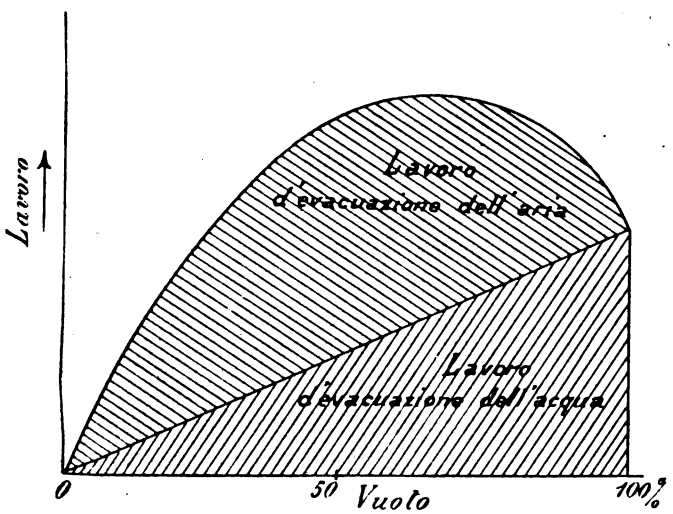


Fig. 22.

Per gradi di vuoto al di là del 75 per cento circa, il lavoro del condensatore, in corrispondenza al diminuito lavoro dl compressione dell'aria, diminuisce. Teoricamente e fatta astrazione dei lavori di attriti, il lavoro com-

Digitized by Google

posto d'evacuazione dell'aria e dell'aequa si può rappresentare in questo diagramma (fig. 22), in cui porremo il lavoro dell'acqua evidentemente proporzionale al vuoto, ossia all'aspirazione rappresentata nella colonna d'acqua corrispondente alla pressione sul condensatore, mentre il lavoro di compressione per l'aria è nullo pel caso in cui il vuoto è zero (la pressione atmosferica regna sul condensatore, quindi non è necessario nessun lavoro per evacuare l'aria nell'ambiente esterno avente la stessa pressione), ed è pure nullo nel caso del vuoto 100 per cento, ossia quando non entra più aria e cessa

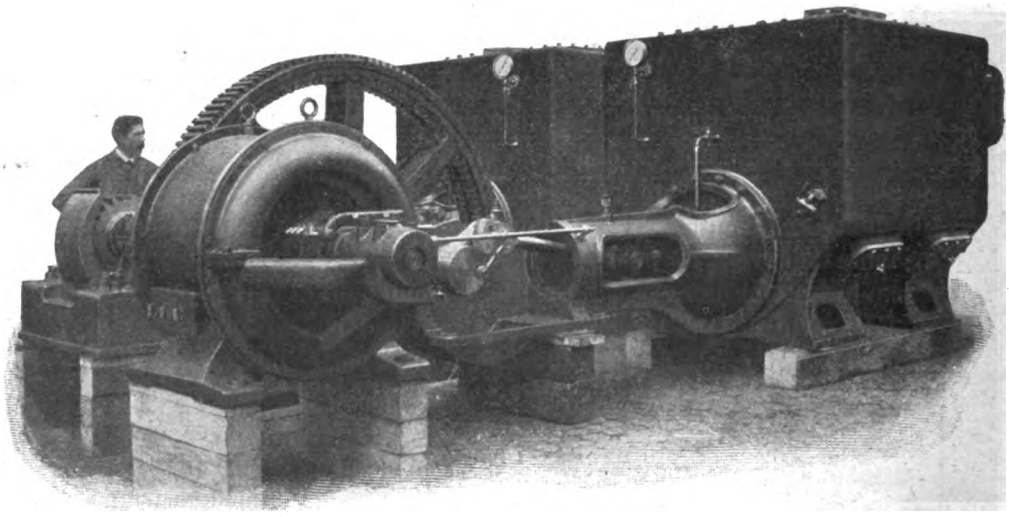


Fig. 23. Condensatore della turbina da 5000 cavalli a Porta Volta.

quindi evidentemente il lavoro di compressione di essa, mentre non resta che quello d'evacuazione dell'acqua. Verso un vuoto corrispondente al 75 per cento, questo lavoro raggiunge il suo massimo.

Del resto il consumo d'energia dei condensatori è in realtà di assai poca importanza, e varia in generale fra il 3 e l'1.2 per cento della potenza della turbina, a seconda di questa potenza e del sistema di condensazione adottato.

Così ad esempio il motore che aziona il condensatore a miscela della turbina da 5000 cavalli a Porta Volta (v. fig. 23) non assorbe a pieno carico della macchina che 70 cavalli elettrici (1.4 per cento); quello dei turbo-alternatori da 1500-1800 kw. a Torino non assorbe che 25 kw., ossia appena l'1.65 per cento del pieno carico normale.

Digitized by Google

E ora passiamo a considerare i differenti sistemi di condensazione in uso. La fig. 24 mostra schematicamente un condensatore a miscela a cilindro orizzontale (descrizione orale, con spiegazione del

SCHEMA DI UN CONDENSATORE A MISCELA

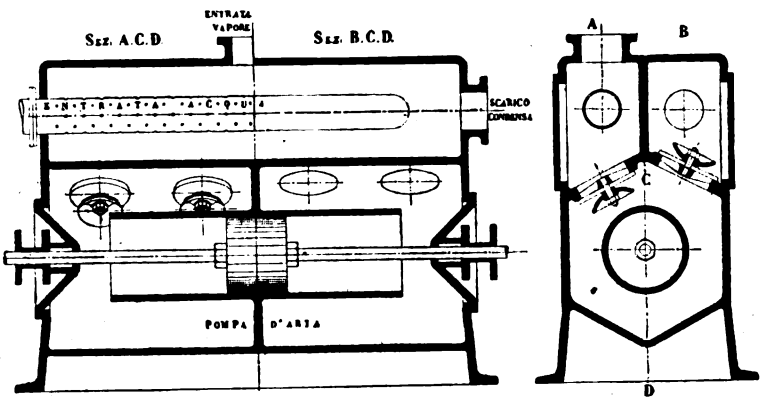


Fig. 24.

fenomeno del colpo d'acqua nel corpo di pompa, quando il vuoto raggiunge dei gradi troppo elevati).

Migliori risultati ottengono le pompe d'aria a cilindro verticale (fig. 25), però anche in queste volendo migliorare il grado di vuoto chiudendo i rubinetti d'aria, si ottiene il colpo caratteristico anzidescritto, dovuto allo stantuffo che batte sull'acqua che si raccoglie al basso del corpo di pompa. Conchiudendo e a meno di adottare dei condensatori a volume assai sproporzionati e calcolando con temperature dell'acqua d'iniezione che si mantengono fra i 10 e 20°, non si può ottenere nella pratica un vuoto a pieno carico superiore al 92 per cento.

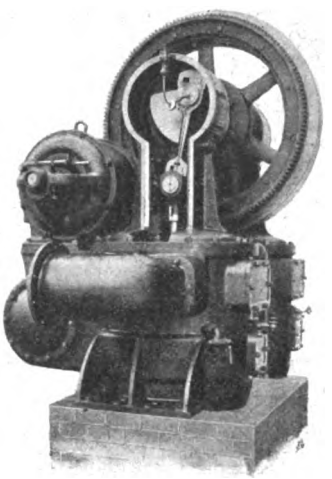


Fig. 25.
Pompa d'aria verticale.

Un sistema di condensatore a miscela molto semplice è quello a eiettore Körting, fig. 26 (Descrizione orale). L'acqua entra da *B*, il vapore da *A*, l'evacuazione avvenendo da *C*. La fig. 27 mostra la disposizione di un tal condensatore con una turbina Parsons, nonchè il dispositivo di riscaldamento dell'acqua in un recipiente *V* per

*

Digitized by Google

scopi di un'industria chimica, mediante il vapore privo di tracce d'olio che sorte dalla turbina.

Non mi consta che anche con questo sistema si abbia potuto sorpassare il vuoto del 91-92 per cento. Un sistema consimile e alquanto più semplice è quello col getto d'acqua a disco brevetto Nézeraux (v. descrizione orale alla figura). Non mi consta nemmeno in questo caso che si abbia potuto ottenere degli alti gradi di vuoto superiori al 92 per cento, e che questo sistema sia stato esperimentato per forti quantità di vapore. Probabilmente applicando a questa camera un eiettore a vapore, quale Parsons usa con successo da qualche tempo, onde aumentare il vuoto, si potrà ottenere dei gradi di vuoto migliori.

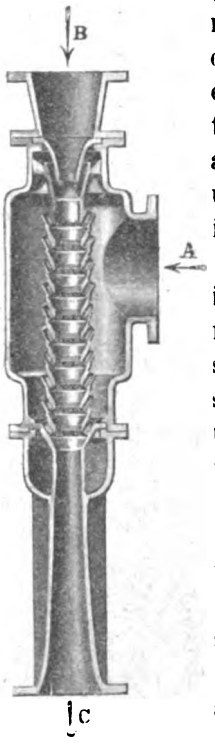


Fig. 26.
Condensatore Körting.

Ad ogni modo questi condensatori a getto hanno il vantaggio di richiedere minor sorveglianza e manutenzione dei condensatori a corpo di pompa con stantuffo e manovella, e sono, tanto per il piccolo spazio che richiedono, quanto per la loro stessa natura, più consoni alla novella motrice senza manovellismi.

Non parlerò del condensatore Weiss a colonna barometrica, perchè relativamente costoso, voluminoso e che necessita maggior sorveglianza, benchè il vuoto che collo stesso si ottiene sia generalmente superiore a quello degli anzidetti sistemi.

La fig. 28 mostra lo schema di un condensatore a superficie (descrizione orale), e la fig. 29 ne mostra i dettagli.

Il fenomeno del colpo nella pompa ad aria per alti gradi di vuoto non si verifica tanto facilmente, dato l'esiguo volume dell'acqua da evacuarsi in confronto di quello dell'aria. La Casa Brown Boveri costruisce delle pompe compound colle quali si possono ottenere dei vuoti altissimi, come la pompa di Rheinfelden costruita su questo principio, la quale potè realizzare un vuoto del 98 per cento per marcia della turbina senza carico, e del 95-96 per cento per marcia a pieno carico.

Evidentemente la temperatura e la quantità dell'acqua refrigerante sono un coefficiente assai importante per il grado del vuoto. Però con una temperatura di 15° dell'acqua d'iniezione, sulla quale si può contare generalmente nelle nostre regioni, anche d'estate si può teoricamente ottenere un vuoto del 95 per cento, con una quan-

Digitized by Google

tità d'acqua pari a 30 volte il peso del vapore da condensare; praticamente queste proporzioni si spostano alquanto, tanto più poi se si tratta di un condensatore a superficie pel quale, siccome il contatto dell'acqua col vapore non può essere così intimo come nei condensatori a iniezione, la quantità d'acqua è del 50 al 60 per cento superiore a quella che necessita a questi ultimi a parità di condizioni. Le condizioni migliorano poi evidentemente quando si ha a disposizione dell'acqua a più basse temperature. Così a Elberfeld potei ottenere con un condensatore a miscela e con acqua a 3 e 4° un vuoto a pieno carico del 93 per cento circa, senza far battere la pompa d'aria in modo anormale.

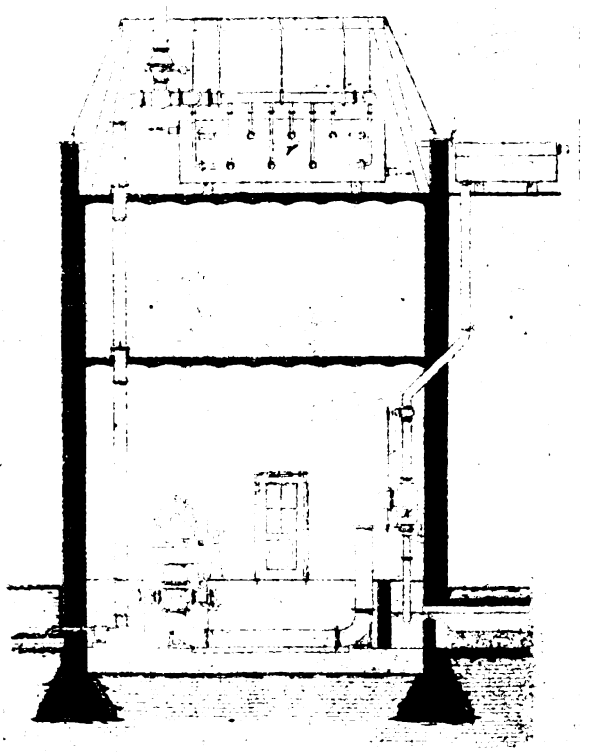


Fig. 27. Disposizione di una turbina con condensatore Körting K e con dispositivo per riscaldamento di acqua V.

Come mostrano le figure 23, 25, 29, 30, queste pompe vengono azionate generalmente da motori elettrici mediante ingranaggi, oppure mediante cinghie, onde evitare dei complicati meccanismi di riduzione che comporterebbe l'azionamento diretto dall'albero della turbina.

Nel caso in cui per la prima messa in moto della macchina non si dispone della corrente necessaria per la messa in esercizio del motore della pompa, si fa lavorare la turbina a scappamento libero nell'atmosfera, finchè la turbina essendo avviata e la dinamo o l'alternatore accoppiati venendo eccitati, non forniscono la corrente voluta. Allora manovrando la valvola a doppia via di cui parlai

Digitized by Google

poc'anzi, si può rimettere il funzionamento a condensazione. La manovra inversa si eseguisce poi quando avesse a cessare la corrente d'alimentazione del motore della pompa.

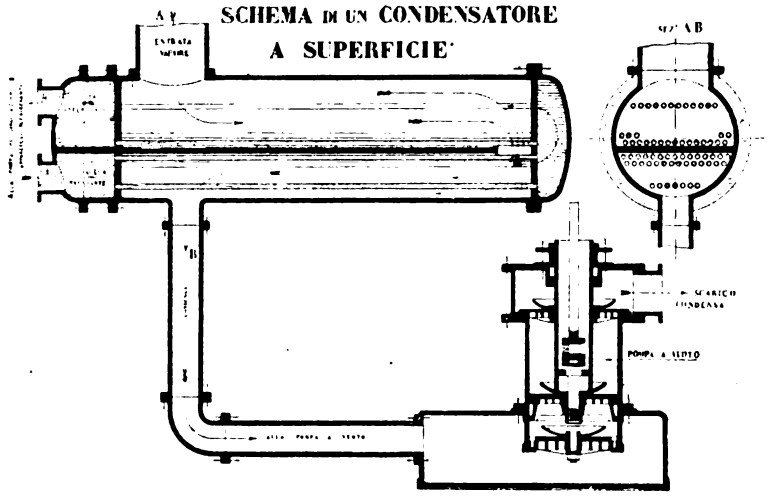


Fig. 28.

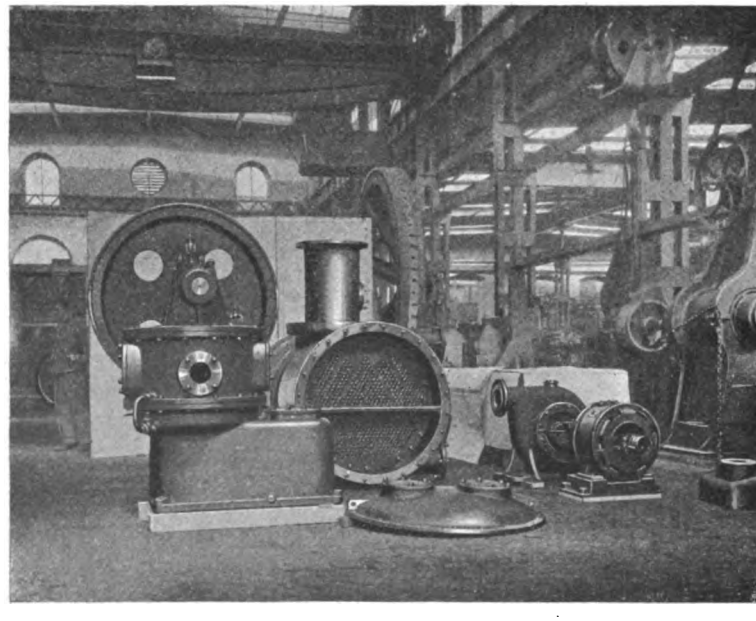


Fig. 29. Dettagli di un condensatore a superficie (nelle officine di Baden).

Digitized by Google

Al posto di un motore elettrico troviamo in certi casi applicata una piccola motrice a stantuffo generalmente con accoppiamento diretto dell'asta dello stantuffo della pompa a quella del cilindro della motrice. Il volano viene naturalmente conservato. Il rendimento di questo modo d'azionamento è però quasi sempre minore del primo appunto in vista del minor rendimento termo dinamico della piccola motrice in confronto di quello del turbo-generatore elettrico e del motore. Anche se si volesse utilizzare lo scappamento di questa piccola motrice per riscaldare l'acqua d'alimentazione nelle caldaie, non bisogna dimenticare l'inconveniente dell'olio che trovasi frammisto a questo vapore.

Dopo le considerazioni più sopra esposte, io credo che quando si vuole installare una turbina a vapore, tanto nei casi in cui si dispone di una quantità d'acqua sufficiente per la condensazione, quanto in quelli in cui quest'acqua dev'essere raffreddata artificialmente, si debba senz'altro ricorrere ad un condensatore a superficie. Ho constatato infatti in differenti impianti che a parità di condi-

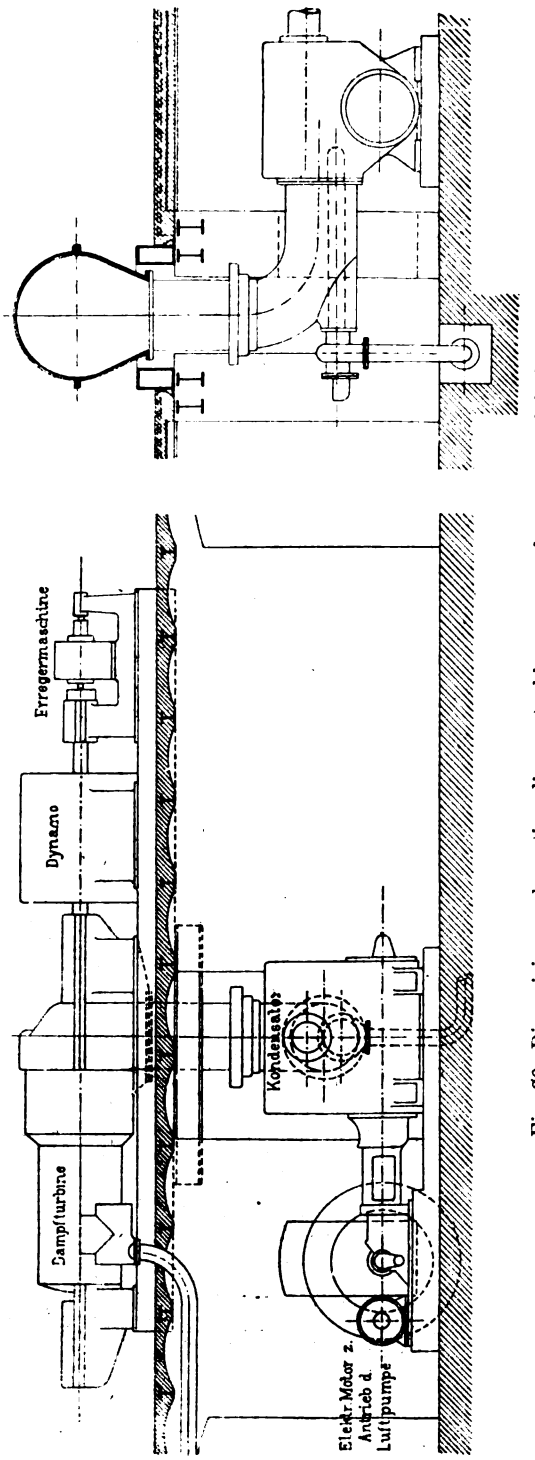


Fig. 30. Disposizione schematica di una turbina con condensatore a iniezione.

Digitized by Google

zioni si può sempre contare coi condensatori a superficie sopra un grado di vuoto del 2 al 3 per cento superiore a quello che si ottiene normalmente coi condensatori a miscela. Ora un aumento del 2-3 per cento nel vuoto comporta, come vedemmo più sopra, un guadagno del 4 al 6 per cento almeno sul consumo del vapore. Signori! Voi sapete che cosa vuol dire in una centrale un'economia del 4 al 6 per cento sul consumo di vapore, e come con queste economie si possa facilmente compensare e ammortizzare in poco tempo la maggior spesa d'impianto del condensatore migliore. Tralascio poi di parlare dei vantaggi del condensatore a superficie unito alle turbine a vapore, il quale fornisce acqua distillata tiepida e senza la minima traccia d'olio, ossia adatta senz'altro all'alimentazione delle caldaie.

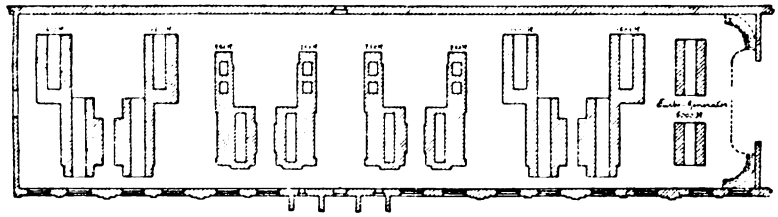


Fig. 31. Piano di fondazione della centrale di Francoforte s/M.

Sono però tutti motivi questi che s'impongono all'attento esame da parte del progettista dell'impianto, e dei quali avrete certamente ammessa l'importanza.

Ed ora passerò a parlare di una serie di vantaggi e di risultati ottenuti colle turbine a vapore Parsons, i quali se da una parte sono evidentemente interessanti, per rapporto alla storia del progresso delle macchine a vapore, giustificano dall'altra l'enorme sviluppo che prese in brevissimo tempo la costruzione di queste turbine.

Il peso relativamente piccolo di esse (15 a 25 kg. per cavallo effettivo invece di 60-100 kg. come nelle motrici a stantuffo), l'assenza delle scosse dovute alle masse a moto alternato permettono di adottare delle fondazioni relativamente leggere, diminuendo per tal modo di molto le spese di primo impianto.

Questo vantaggio è altrettanto più sensibile in quanto che le dimensioni delle turbine Parsons sono assai ridotte, come lo dimostrano la fig. 31 (una delle motrici da 750 cavalli verrà ora sostituita con un'altra turbina da 5000 cavalli, la quale, come si vede dalla pianta a destra, non occupa maggior posto) e le fig. 32 e 33.

Da tutto quanto detto ne consegue che la montatura di queste turbine puossi effettuare assai facilmente e in breve tempo. Così,

Digitized by Google

tanto per citare un esempio, il turbo-alternatore da 300 cavalli fornito dalla Società Anonima Brown Boveri & C. alla città di Coira, giunse il 20 dicembre 1901 alla stazione di Coira, e 5 giorni più tardi, ossia il 25, forniva già corrente a pieno carico alla rete di distribuzione della città. Invero, causa l'assenza del manovellismo e il perfetto equilibrio delle masse rotanti, queste turbine non richiedono d'essere fissate alle fondamenta, come lo mostrano evidentemente quelle vedute di poc'anzi, che rappresentano turbine quali vennero provate a pieno carico nel locale di prova della Società Anonima Brown Boveri & C. di Baden.

Il governo della turbina Parsons è semplice e necessita minor cura o sorveglianza di quanto lo richiedano le motrici a stantuffo ordinarie; tutte le parti della turbina sono invero facilmente accessibili; svitando pochi bulloni di ritegno si può levare in breve tempo la metà superiore della carcassa cilindrica, mettendo così a giorno l'interno della turbina.

Il personale di servizio non abbisogna, del resto, di conoscenze meccaniche speciali, e generalmente un solo macchinista è sufficiente per il governo di una turbina.

Il modo di lubrificazione più sopra descritto, mediante il quale l'olio eseguisce una circolazione a ciclo chiuso dal serbatoio al raffreddatore, da questo ai cuscinetti e infine nuovamente al serbatoio, permette una sensibilissima economia di lubrificante, rispetto alle motrici a stantuffo (il cui consumo d'olio rappresenta una spesa variante, secondo i casi, fra il 5 e il 12 per cento della spesa del combustibile), essendo la perdita d'olio dovuta a volatilizzazione affatto minima.

Inoltre la circostanza che nello spazio percorso dal vapore non si trovano parti o organi a sfregamento, permette l'assoluto risparmio dell'olio di cilindro generalmente assai caro e che le motrici a stantuffo richiedono quale lubrificante mescolato al vapore. Questa stessa circostanza ha infine il grande vantaggio, a cui già accennai più sopra, che essendo il vapore effluente dalla turbina privo di tracce d'olio, l'acqua di condensazione può essere impiegata senz'altra epurazione per alimentare le caldaie, oppure per scopi nell'industria chimica, ecc.

Parecchi anni d'esperienze in centrali elettriche provviste di turbine Parsons, hanno dimostrato che le spese di esercizio e di manutenzione sono minime, attesochè le uniche parti esposte all'usura non sono che i pochi organi della distribuzione e della pompa d'olio. I cuscinetti poi non possono usarsi, poichè la lubrificazione sotto pressione fa sì che l'albero della turbina resta sollevato e gira su di

Digitized by Google

uno strato d'olio anzichè in contatto con essi. Il pericolo di uno sfregamento di una parte mobile colla carcassa fissa è sempre assai

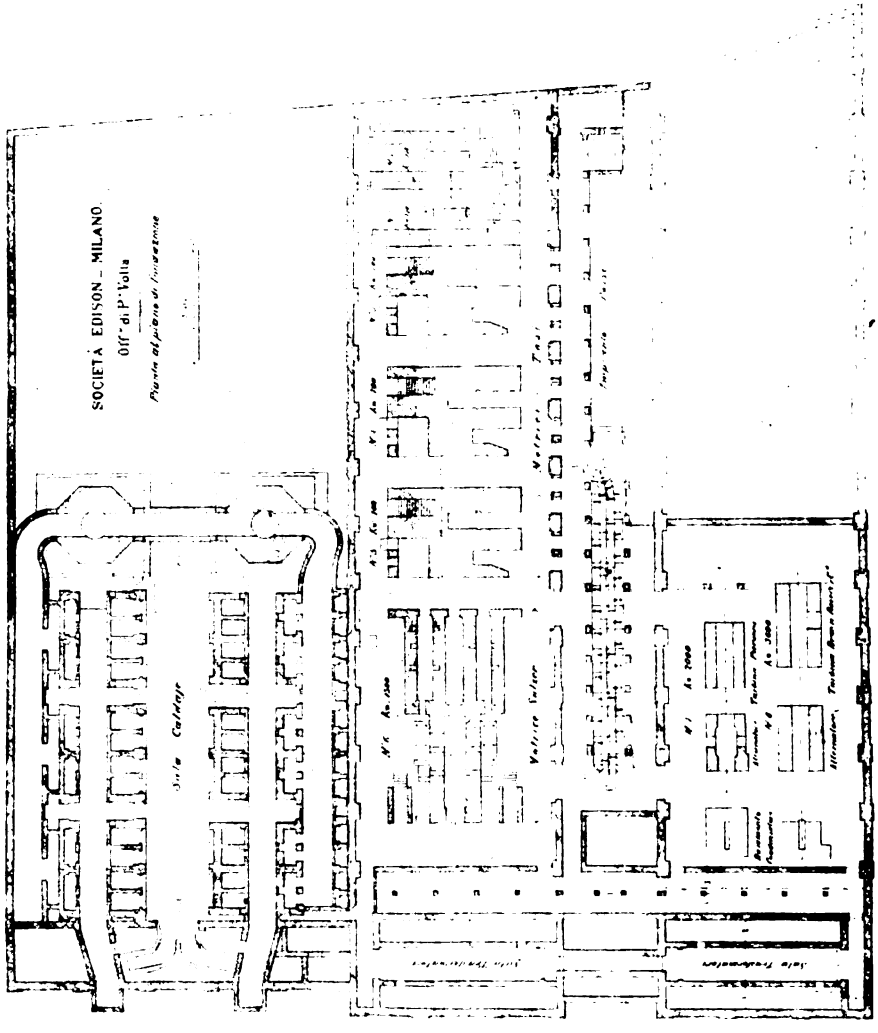


Fig. 32.

remoto, poichè i cuscinetti non essendo esposti ad usura, l'albero non si potrà spostare dall'asse della turbina.

I colpi d'acqua così temibili per le motrici a stantuffo non hanno altro effetto su queste turbine che quello di diminuirne la velocità

Digitized by Google

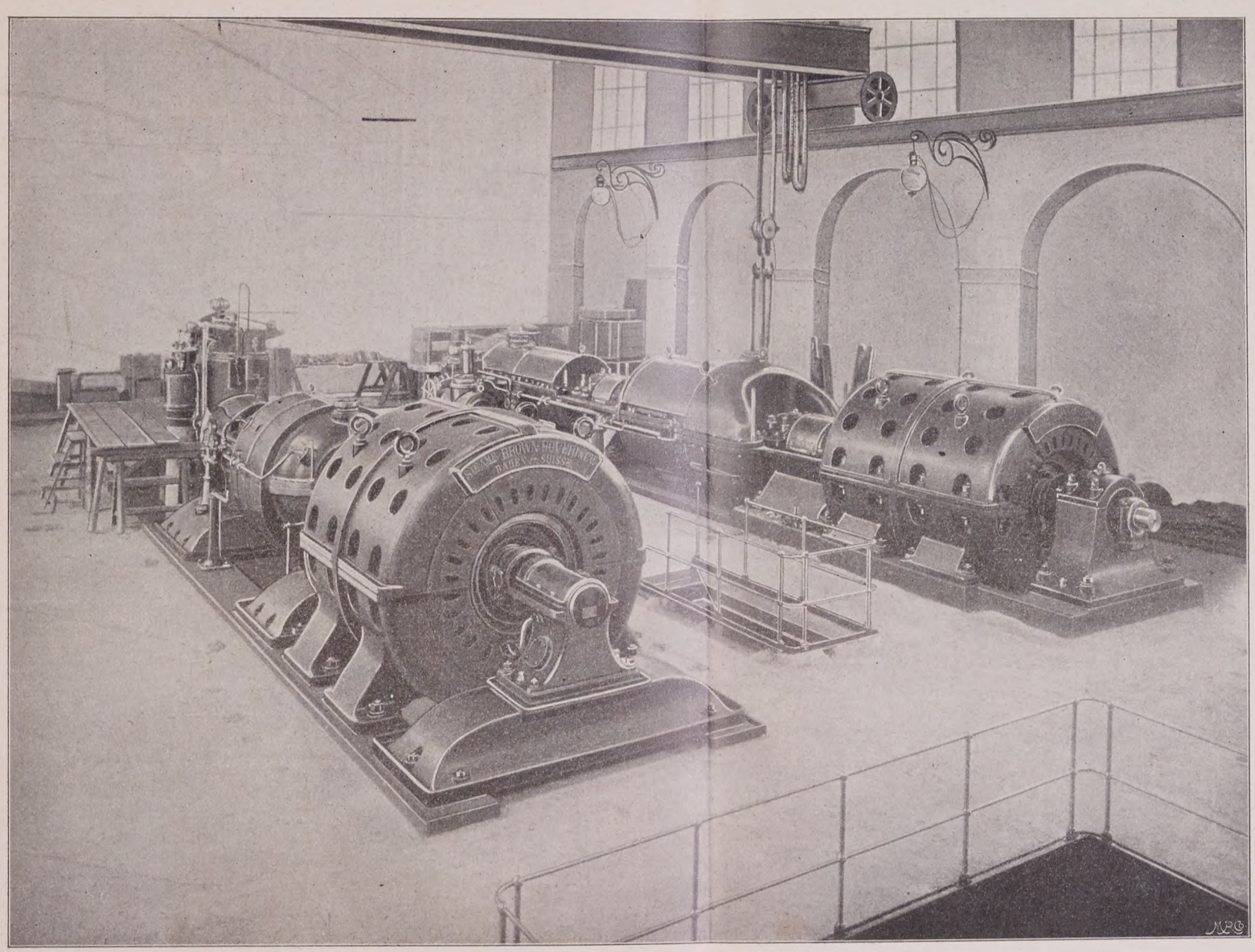


Fig. 33. Sala dei turbo-alternatori a Porta Volta durante il montaggio.

Digitized by Google

Digitized by Google

(descrizione orale del caso di Neuchatel). Un caso analogo si verificò nella centrale di Berlino, di cui già parlai più sopra, colla sola differenza che qui, siccome nella stessa centrale lavorava pure una motrice a stantuffo, questa venne tutta sconquassata e ebbe sfondato il coperchio del cilindro ad alta pressione, il quale venne lanciato con enorme violenza contro un muro, mentre la turbina Parsons, che lavorava accanto, continuò pacificamente la sua marcia.

Un vantaggio principalissimo delle turbine Parsons risiede nella prontezza, rapidità ed esattezza di regolazione. Il vapore passa dall'uno all'altro capo della turbina in una frazione di secondo, per cui l'azione del meccanismo di distribuzione sulla valvola d'ammissione si manifesta immediatamente nella marcia della turbina. E qui mi limito a citarvi alcuni risultati di collaudi.

Il turbo-alternatore da 1000 kw. di Puteaux (Parigi), di cui parlai più sopra, diede per uno scarico subitaneo da 900 kw. a 0 una massima variazione di velocità dell' 1.3 per cento appena; scaricando da 470 kw. a 0 questa variazione era solo del 0.8 per cento, l'intero processo di regolazione compiendosi in solo 3 a 4 secondi.

Consimili risultati si ottennero anche nel recente collaudo dei turbo-alternatori di Torino. Scaricando repentinamente la macchina da 1600 a 520 kw. la variazione di velocità massima fu dell'1.55 per cento e dal sopraccarico di 1760 kw. a zero 1.67 per cento appena.

Ad ogni modo a parità di sensibilità del regolatore centrifugo, la prontezza ed esattezza della regolazione con le turbine Parsons sono di gran lunga superiori a quelle delle motrici ordinarie a stantuffo, le quali debbono eseguire generalmente alcuni giri prima che l'azione di un cambiamento nel meccanismo di distribuzione possa pienamente influire sulla marcia. Ho già citato più sopra in proposito l'esempio della centrale elettrica di Heidelberg, nella quale, fintanto che funzionavano le macchine a vapore a stantuffo, fu necessario accoppiare una batteria di accumulatori in parallelo alla rete onde permettere un funzionamento soddisfacente, mentre dall'ottobre 1901, dopo che la turbina a vapore Parsons con dinamo assunse il servizio della rete tramviaria, la batteria d'accumulatori divenne completamente inutile, data la prontezza di regolazione di questa macchina.

Ad onta dell'ammissione del vapore a intermittenze, il grado di irregolarità delle turbine Parsons è assai piccolo; lo stesso è ordinariamente inferiore a 1/300, ossia è una grandezza che sfugge ad una misurazione.

Digitized by Google

Ed ora passerò a parlarvi dei consumi di vapore delle turbine Parsons quali vennero constatati ufficialmente nei collaudi eseguiti su tipi di costruzione Brown Boveri Parsons.

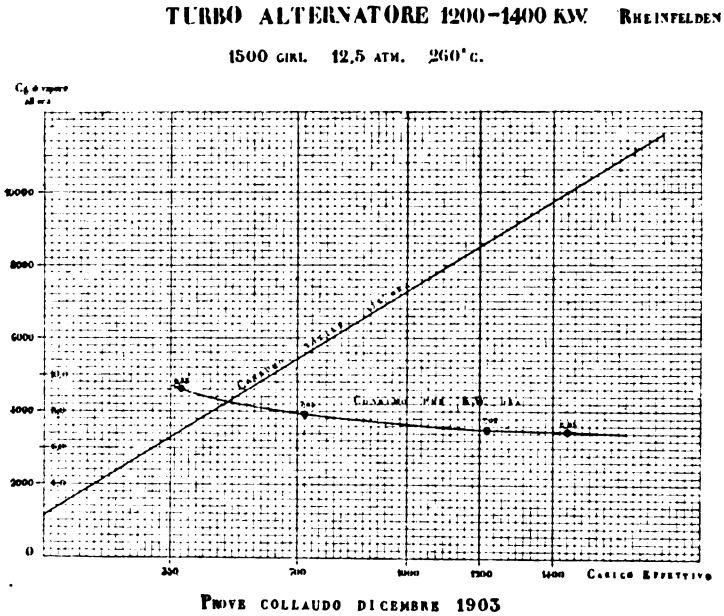


Fig. 34.

Questo diagramma (fig. 34) rappresenta i risultati di collaudo del turbo alternatore di Rheinfelden (descrizione orale). È interessante il fatto che il consumo totale di vapore varia con una funzione lineare del lavoro utile ai morsetti dell'alternatore. Dal consumo a vuoto indietro, come ebbi occasione di constatare nel corso di esperienze eseguite con due turbo-alternatori accoppiati in parallelo e di cui un alternatore potè funzionare come motore sincrono trascinando seco la turbina, il consumo di vapore abbandona la retta (fig. 35).

Su quest'altro diagramma (fig. 36) ho riunito i consumi constatati su differenti turbine a pieno carico, in funzione della potenza e ridotti tutti ad una temperatura del vapore d'ammissione di 250° e 92 per cento di vuoto al condensatore.

Qui troviamo il turbo-alternatore di Torino che diede alle prove di collaudo eseguite dai signori prof. Mengarini e ing. Enrico, a pieno carico e con una ammissione di 10.7 atm. a 230° un consumo di 7.76 kg. per kw. ora (a metà carico con 220° questo era di 9.53 kg. per kw. ora).

Digitized by Google

Il turbo-alternatore di 5000 cavalli a Porta Volta ad un carico di 3000 kw. quale venne constatato al collaudo eseguito dai signori ingegneri Barzanò, Saldini e Scotti, diede 7.4 kg. con 12.5 atm. a 230° (perdite di eccitazione e del condensatore comprese).

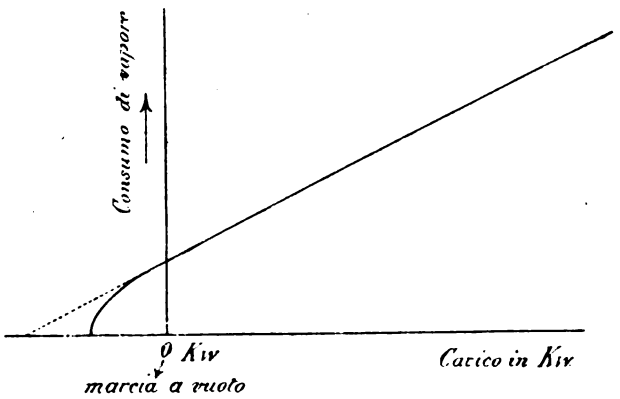


Fig. 35.

Qui troviamo il risultato del turbo-alternatore di Francoforte s/M a 3000 kw. il quale venne misurato recentemente: 6.6 kg. per kw. ora con 13 atm. e 310° d'ammissione. — Calcolando col rendimento meccanico delle motrici a stantuffo di ugual potenza e col

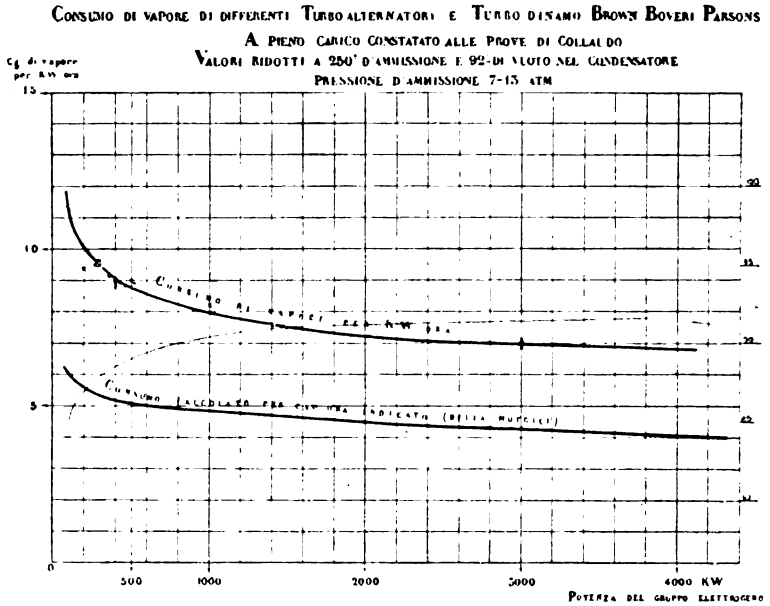


Fig. 36.

rendimento alquanto scadente dei generatori a grande velocità accoppiati alle turbine (ho detto scadente in causa delle forti perdite dovute alla ventilazione forzata e quelle nel ferro) ottenni questa curva che

Digitized by Google

corrisponderebbe al consumo per cavallo indicato nelle motrici a stantuffo di ugual potenza.

Come si vede il consumo di vapore delle turbine Parsons non è certo superiore alla media dei consumi delle motrici a stantuffo, anzi, io credo, li supera il più delle volte nell'economia. Ad ogni modo io sono persuaso che questo vantaggio, a parte anche l'economia non indifferente sul consumo dell'olio, è realmente ancor più sensibile nel servizio pratico, in cui non si possono evidentemente mantenere gli organi delicati della distribuzione, della tenuta degli stantuffi, dei premi-stoppa, ecc., nelle motrici a manovella, costantemente, quali vengono adattati all'epoca delle prove di collaudo. Nella turbina Parsons invece, che non ha organi interni sottoposti per attrito ad usura, e nella quale un'eventuale usura nell'organo di distribuzione non può influire sul consumo di vapore, quest'ultimo resta evidentemente costante, tanto che queste turbine sono pronte in ogni tempo senza aggiustatura o lubrificazione speciale alle prove di collaudo.

Il rendimento termo-dinamico delle turbine Parsons eguaglia dunque e supera il più delle volte quello delle migliori motrici a stantuffo; per le turbine a bassa pressione, quale incontriamo nelle macchine a due cilindri (Francoforte, Elberfeld, Porta Volta) questo rendimento raggiunge perfino il 70 per cento. Il cilindro ad alta pressione invece ha un rendimento termo-dinamico più basso.

Le perdite nelle turbine Parsons possono valutarsi presso a poco come segue:

Perdita allo scarico nell'energia cinetica del vapore che esce dall'ultima ruota dal 5 all'8 per cento;

Perdita attraverso gli stantuffi d'equilibrio dal 3 al 6 per cento;

Perdita alla periferia delle pale dal 4 al 7 per cento;

Perdita d'attrito meccanico, e lavoro per la pompa d'olio dal 4 all'8 per cento;

Perdita d'attrito del vapore nelle pale dal 20 al 25 per cento, ossia una perdita totale nelle turbine di grossa potenza del 36 per cento e in quelle di piccola potenza del 54 per cento circa. (Discussione a voce).

Le turbine Parsons ritraggono sensibile vantaggio nell'economia dall'impiego del vapore surriscaldato. Sulla base di una grande quantità di esperienze si può stabilire che per surriscaldamento del vapore d'ammissione fino a 100° C., il consumo diminuisce di 1 per cento per ogni 5 a 7° di surriscaldamento. Da 100 a 150° si ottiene

Digitized by Google

la stessa diminuzione solo per ogni 7 a 10° presso a poco come lo mostra questo diagramma.

Questa differenza è spiegabile pel fatto che una volta che il surriscaldamento del vapore giunge fino al tubo di scarico, un miglioramento nell'economia si ottiene solo pel fatto del minore attrito delle pale entro il vapore assai surriscaldato (come si può dedurre dalle esperienze di Lewicki su una turbina de Laval) e per l'altro fatto che nella stessa e identica macchina, siccome il coefficiente di dilatazione del materiale delle pale è leggermente superiore a quello della ghisa della carcassa, il giuoco radiale e quindi le perdite inerenti diminuiscono con l'aumentare della temperatura. In una turbina noi dobbiamo considerare infatti che, a differenza delle macchine a stantuffo, nelle quali la condensazione del vapore rappresenta solo una perdita del lavoro corrispondente alla quantità condensata di questo, l'acqua di condensazione ingenera inoltre delle perdite per attrito non indifferenti, causa le piccole goccie condensate frammiste al vapore che passa attraverso le pale e che si raggruppano per forza centrifuga alla periferia di queste, causando per tal modo un'azione frenante.

E ora, signori, permettetemi che qui ricordi la difficoltà che ebbe a vincere la turbina Parsons per introdursi nel continente or sono 4 anni circa, quando la Casa Brown Boveri ne assunse la costruzione. Io non voglio parlare dell'opposizione mossale e suscitatale d'attorno specialmente in Germania da quella sfera d'interessi minacciati da questa terribile rivale della gloriosa motrice di Watt! Anche tecnici indipendenti e imparziali ebbero a sollevare dei dubbi sulla buona riuscita di questa macchina, nonchè delle critiche sul suo modo di funzionamento. La riserva con la quale essi tecnici attendevano i risultati della pratica era del resto naturale quando si pensi ai tanti elementi nuovi e fenomeni insoliti e fino allora non mai studiati nella pratica, che presentava la turbina Parsons ed era spiegabile d'altra parte pel fatto che tanto la Casa Parsons che la Casa Brown Boveri non avevano evidentemente e non hanno nessun interesse a rendere di pubblica ragione i dettagli costruttivi di questa turbina.

All'infuori di alcune fotografie rappresentanti esternamente le turbine montate, oppure all'infuori di alcuni schemi incompleti nulla si sapeva di preciso sul processo di funzionamento di questa macchina, e quindi alquanto difficile era il pronunciare un giudizio in proposito.

Digitized by Google

Al giorno d'oggi i numerosi risultati d'esperienza della pratica sono in grado di rispondere a questi dubbi e di confutare tutte le critiche.

La rottura o un inconveniente nelle pale, quale si poteva prevedere, dato il numero così enorme di queste, sono casi rari e ingenerano un guasto e una sospensione di servizio di assai poca importanza, e ad ogni modo molto minore di quanto a tutta prima si potrebbe prevedere. A questo proposito citerò il caso della turbina Parsons da 2000 kw. a Porta Volta (descrizione orale).

Gli stantuffi d'equilibrio, il piccolo giuoco radiale delle pale, l'aggiustaggio dei cuscinetti di spinta facevano sollevare dei dubbi anche ai meglio intenzionati. Nulla di tutto ciò ha confermato la pratica; io credo che tutti coloro che trattano e conoscono nei dettagli la turbina Parsons devono forzatamente aver la convinzione che una motrice a stantuffo ha degli organi assai più delicati, ed è in sè stessa enormemente più complessa e complicata di questa turbina.

Si dubitava poi generalmente che le pale sarebbero state sottoposte a un rapido logoramento tale da compromettere il buon rendimento della macchina. Questi dubbi erano evidentemente causati dal consumo benchè lento delle ruote delle turbine a vapore ad azione tipo de Laval. Nella turbina Parsons invece, in cui il salto di pressione anzichè in una sol ruota è suddiviso in tante copie di ruote, realizzando per tal modo delle velocità d'efflusso di gran lunga minori delle turbine anzidette, la pratica ha dimostrato che il dubbio suesposto è infondato.

Non vi parlerò dei risultati delle turbine originarie Parsons, delle quali parecchie funzionano da anni in Inghilterra, e mi limiterò solo a citarvi il turbo-alternatore Brown Boveri-Parsons da 600 cavalli installato sul principio del 1902 nella centrale elettrica della miniera Aschenborn, presso Antonienhütte nell'alta Slesia. Il coperchio di questa turbina venne munito di piombi all'epoca della prima messa in servizio, e venne aperto due mesi fa alla presenza di 70 membri dell'Associazione degl'ingegneri e industriali dell'alta Slesia; dopo 17,200 ore di funzionamento. Questa turbina funzionò infatti costantemente giorno e notte, eccezione fatta di un'ora di arresto ogni domenica per la pulizia dell'alternatore, e senza mai occasionare inconvenienti.

Un esame attento ed accurato delle parti interne di questa macchina dopo un servizio, che, riferito a 10 ore di lavoro al giorno, corrisponderebbe a 5 anni circa d'esercizio, ha dimostrato che nè l'albero, nè i cuscinetti, nè le pale o il tamburo avevano subìto la

Digitized by Google

benchè minima usura. E qui credo opportuno di aggiungere chè il personale di servizio della centrale, quale ebbi occasione di conoscere all'epoca del collaudo di questa turbina, sinceramente non si può contare tra il più intelligente, nè tra il più esperto che esista nelle centrali elettriche.

Risultati consimili si verificarono su un numero ragguardevole di turbine Parsons, che mi sarebbe troppo lungo qui ricordare.

La miglior prova, alfine, dei vantaggi della turbina Parsons sulle motrici a stantuffo sta nel fatto che nel breve giro di soli 2 anni e mezzo la Casa Brown Boveri ha già fornito in servizio 60 turbine della potenza complessiva di 50,000 cavalli circa.

Aggiungendovi poi le macchine già ordinate e attualmente in lavorazione si arriva fino al 30 giugno 1904 al numero di 190 turbine con la potenza complessiva di circa 225,000 cavalli.

Le ordinazioni sono tanto numerose che essa Casa si vide anzi costretta a costruire delle fabbriche proprie a Mannheim (presso la filiale già esistente) e a Parigi.

La potenza complessiva delle turbine sistema Parsons funzionanti o in costruzione (comprese adunque quelle di Parsons a Newcastle e quelle della Società Westinghouse in America) sorpassa la cifra di 650,000 cavalli, senza contare le turbine destinate alle navi.

In Europa cinque Case costruttrici di macchine a vapore hanno ora assunto le costruzioni delle turbine a vapore Parsons però sul tipo e coi piani modificati secondo la costruzione Brown Boveri: esse sono Richardson & C., a Hartlepool in Inghilterra, la Erste Brunner Maschinen Fabrik a Brunn per l'Austria Ungheria e la penisola balcanica; una Casa a Copenhagen, Cokerill nel Belgio, e recentemente in Italia Franco Tosi. Del resto, all'infuori di queste Case, quasi tutte le altre più importanti Case costruttrici si occupano attualmente e con grande attività delle costruzioni di turbine secondo differenti sistemi, tanto da giustificare la previsione che in un avvenire non molto lontano si potrà dire che la motrice a stantuffo ha fatto il suo tempo.

In Italia le turbine Parsons cominciano solo ora a diffondersi, alquanto, e ciò si deve principalmente all'esempio dato dalla Società Edison col suo impianto di Porta Volta.

Signori! Quando si pensa che la Società Edison ordinò nel 1901 contemporaneamente due turbine a vapore Parsons, l'una da 3000 l'altra da 5000 cavalli, per un servizio pubblico di tanta importanza, e ad una Casa di costruzioni elettriche che cominciava allora la costruzione delle turbine a vapore, si deve puranco riconoscere

Digitized by Google

che oltre all'intelligente iniziativa che contraddistingue questa Società ci voleva del coraggio!

Permettetemi quindi, o signori, che alla Società Edison e ai suoi tecnici i quali, in un'epoca in cui tanti dubbi, tante critiche e anche tanto male si diceva delle turbine Parsons, seppero intravvedere e giustamente apprezzare i vantaggi della nuova motrice, contribuendo in tal modo alla sua introduzione in Italia, e allo sviluppo della tecnica e dell'industria, io porti qui il modesto mio plauso!

E con ciò avrei terminata la mia comunicazione sui risultati delle turbine Parsons nelle centrali elettriche. Approfittando di alcune altre diapositive che mi vennero pure poste a disposizione dalla Brown Boveri, dirò, causa l'ora avanzata, solo brevemente qualche cosa in proposito ai compressori Parsons e alle turbine della marina.

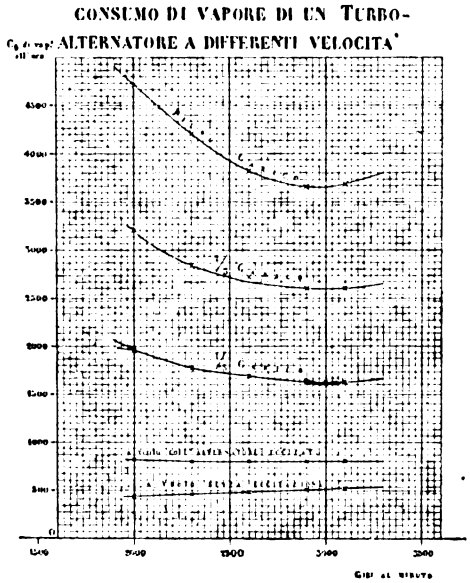


Fig. 57.

Parsons costruisce i suoi ventilatori sul principio e con costruzione analoga a quella delle turbine, come vediamo da questa proiezione. La sola differenza consiste nella forma delle pale che hanno una sezione che si ravvicina a quella delle pale di questo modello. Parsons ottiene con questo tipo di compressore per 500 mc. a 3000 giri al minuto una pressione di 0.7 atm.; a 3600 giri lo stesso ventilatore produce una pressione di 1.27 atm. (Vedi proiezioni).

Questa figura rappresenta la *Turbinia* (il primo battello munito di turbine Parsons) a piena velocità. Questo battello, che fece le prime prove nel 1895-96, ha una lunghezza di soli 30 metri, una larghezza di 2.7 metri e uno spazzamento di 44 tonnellate. Nella prima esecuzione esso era munito di una sola turbina da 2000 cavalli con un'elica direttamente accoppiata e facente 2 a 3000 giri. La velocità massima che si otteneva fu solo di 16 nodi all'ora causa il fenomeno di cavitazione che si produceva all'elica con queste velocità. L'elica generava infatti nella massa liquida una cavità entro

Digitized by Google

la quale girava consumando quasi tutta la sua energia per mantenere la stessa. (Descrizione orale delle esperienze di Parsons, per lo studio del fenomeno di cavitazione).

Dopo di ciò Parsons munì la *Turbinia* di tre turbine e quindi di tre alberi aventi ciascuno tre eliche e ottenne delle velocità da 30 a 34 nodi. Siccome queste turbine non sono reversibili, così Parsons costruiva entro il cilindro a bassa pressione un'apposita turbina più piccola per la marcia indietro. Questa nella *Turbinia* poteva dare al battello una velocità di 6.5 nodi indietro. Ad una velocità di 30 nodi per la marcia in avanti la *Turbinia* poteva arrestarsi in 36 secondi dopo il comando «Stop» ed esser portata nuovamente alla velocità di 30 nodi in 40 secondi.

Descrizione delle figure e proiezioni.

I principali vantaggi che presentano le turbine Parsons destinate alla propulsione delle navi sono:

1° la riduzione di peso (33 per cento circa) e di volume degli apparecchi motori, nonchè degli alberi e delle eliche in confronto di quelli delle motrici a stantuffo; ne consegue quindi anche la protezione più facile della motrice e delle eliche nelle navi da guerra;

2° l'assenza delle vibrazioni dovute alle masse alternatrici in movimento;

3° un consumo di vapore moderato anche a basse velocità, come vediamo da questo diagramma (fig. 37) che rappresenta delle esperienze che ebbi occasione di eseguire in proposito. (Discussione orale e dimostrazione che a basse velocità in cui la potenza necessaria per la propulsione diminuisce in proporzione con la 2ª o 3ª potenza, circa il consumo di vapore è quasi costante alle differenti velocità);

4° possibilità di utilizzare direttamente l'acqua di condensazione per l'alimentazione delle caldaie, causa l'assenza di traccie di olio nel vapore;

5° regolarità di marcia anche nel caso di emersione delle eliche;

6° riduzione delle spese di manutenzione e di sorveglianza;

7° facilità di manovra e indipendenza delle macchine e degli alberi che facilitano le manovre di girazione e diminuiscono gl'inconvenienti prodotti dall'eventuale impossibilità di servizio di una macchina;

8° aumento di stabilità della nave per l'abbassamento del centro di gravità.

Digitized by Google

Tutti questi vantaggi fanno sì che la turbina Parsons troverà ben presto larghissima applicazione nella marina.

La miglior prova sta nel fatto che fino ad oggi vennero gia ordinate 24 navi con turbine Parsons aventi complessivamente circa 300,000 cavalli di potenza. Fra queste si trovano però due bastimenti per passeggeri della *Cunard-Line* aventi ciascuno una forza massima complessiva delle turbine di 75,000 cavalli.

Per ora le marine delle differenti nazioni, eccezione fatta dell'inglese e della germanica, non si sono ancor lanciate sulla nuova via di adottare le turbine. Le rivoluzioni industriali non si fanno per vero d'un tratto; ma poichè le soluzioni più semplici finiscono sempre per imporsi, così è probabile che in un avvenire non molto lontano anche la marina italiana esperimenti le turbine e che anch'essa, come le altre, ne tragga la persuasione della convenienza di sostituire queste alle motrici a stantuffo.

Digitized by Google

Vol. VIII. NOVEMBRE-DICEMBRE 1904 Fasc. 6°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - 397, Corso Umberto I - ROMA

INDICE

N. 37. La forma delle oscillazioni nelle correnti alternate — Ing. G. REVESSI (Roma). *Pag.* 617

„ **38. "Kryptol „ nuovo sistema di riscaldamento mediante l'elettricità e sue applicazioni industriali e domestiche** — G. ROSTAIN (Torino). *(Con 12 figure)* 621

„ **39. Commemorazione del socio ing. G. Kaiser** — F. GENTILI (Roma) 635

NOTIZIE DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA.

SEDE CENTRALE. — **Varia** 57

SEZIONI. — **Verbali delle Sedute tenute nelle varie Sezioni** 57

Aggiunta all'elenco dei soci 67

AVVERTENZA. *I Soci che non avessero ricevuto il fascicolo precedente sono pregati di farne richiesta entro 15 giorni, in caso diverso non potranno ottenerlo che pagandone l'importo di L. 2.*

PROPRIETÀ LETTERARIA

ROMA

TIPOGRAFIA DELL'UNIONE COOPERATIVA EDITRICE

Via Federico Cesi, 45

1904

Digitized by Google

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE

ROMA - Corso Umberto I, 397 - ROMA

CONSIGLIO GENERALE.

Presidente: Prof. dott. Moisè Ascoli.

Vicepresidenti: Prof. ing. Luigi Lombardi - Prof. dott. Guido Grassi - Prof. ing. Luigi Zunini.

Segretario Generale: Ing. Riccardo Salvadori.

Cassiere: Ing. comm. Oreste Lattes.

Consiglieri rappresentanti le Sezioni di: **Bologna:** Ing. Enrico Cairo - Ing. Alfredo Donati; **Firenze:** Ing. Ernesto Corsini - Ing. Attilio Rampoldi; **Genova:** Ing. Giuseppe Cristoforis - Ing. Carlo Piaggio; **Milano:** Ing. Luigi Cauro - Ing. Domenico Civita - Ing. Emilio De Strens - Ing. Giuseppe Gadda - Ing. Alessandro Panzarasa - Ing. Alessandro Scotti; **Napoli:** Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero) - Ing. Guido Sarti; **Padova:** Prof. Ferdinando Lori - Ing. Gastone Treves de' Bonfili; **Palermo:** Prof. Damiano Macaluso; **Roma:** Ing. Emilio Costa - Ing. Federico Gentili - Dott. Riccardo Manzetti - Ing. Giuseppe Revessi; **Torino:** Ing. Emilio De Benedetti - Ing. cap. nob. Carlo De Sauteiron de St. Clément - Ing. Luigi Oliva - Ing. Raffaele Pinna.

CONSIGLI DELLE SEZIONI.

Bologna, Via Galliera, 14 - *Presidente:* Prof. Luigi Donati; *Vicepresidente:* Ing. Pietro Lanino; *Segretario:* Ing. Alberto Fabbri; *Cassiere:* Ing. Barnaba Lanino; *Consiglieri:* Prof. Silvio Canevazzi - Ing. Alberto Fabbri - Ing. Salvatore Mariani - Ing. Rinaldo Rinaldi - Ing. Angelo Silva.

Firenze, Via dei Benci, 10 - *Presidente:* Prof. Luigi Pasqualini; *Vicepresidente:* Ing. Giorgio Santarelli; *Segretario:* Ing. Alberto Picchi; *Cassiere:* Ing. Attilio Rampoldi; *Consiglieri:* Prof. Eugenio Bazzi - Ing. Pietro Molfino - Ing. Domenico Spallicci - Prof. Guido Vimercati.

Genova, Via David Chiossone, 7 - *Presidente:* Prof. ing. Sereno Antonio Rumi; *Vicepresidente:* March. ing. Giacomo Reggio; *Segretario:* Ing. Giovanni Anfossi; *Cassiere:* Cav. Saverio Audisio; *Consiglieri:* Ing. Carlo Appelius - Ing. cav. Gustavo Dosmann - Ing. Salvatore Galliano - Ing. Domenico Sertorio.

Milano, Via San Paolo 10 - *Presidente:* Ing. Angelo Bertini; *Vicepresidente:* Ing. Giacinto Motta; *Segretario:* Ing. Guido Semenza; *Cassiere:* Ing. Angelo Bianchi; *Consiglieri:* Prof. Ugo Ancona - Ing. Vittorio Arcioni - Ing. Ernesto Cirla - Prof. Francesco Grassi - Ing. Emanuele Jona - Ing. Luigi Magrini.

Napoli, R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri - *Presidente:* Prof. ing. Luigi Lombardi; *Vicepresidente:* Comm. prof. F. C. Paolo Boubée. *Segretario:* Ing. Luigi De Biase; *Cassiere:* Ing. Ernesto Sannia; *Consiglieri:* Cav. ing. Mario Bonghi - Comm. prof. Gaetano Bruno - Ing. Camillo Albino Curti - Ing. Gustavo D'Orso - Ing. Guido Fano - Ing. Augusto Galimberti (Società Ferrovie del Vomero).

Padova, R. Scuola Applicazione Ingegneri - *Presidente:* Prof. Ferdinando Lori; *Vicepresidente:* Conte ing. Amedeo Corinaldi; *Segretario:* Ing. Lorenzo Bigaglia; *Cassiere:* Prof. Giacinto Turazza; *Consiglieri:* Ing. Augusto Biagini - Ing. Emanuele Montagnini - Ing. Alessandro Moschini - Prof. Giuseppe Veronese.

Palermo, Via Macqueda, 175 - *Presidente:* Cav. prof. Stefano Pagliani; *Vicepresidente:* Cav. ing. Giuseppe Ottone; *Segretario:* Ing. Gaetano Buttafarri; *Cassiere:* Ing. Francesco Agnello *Consiglieri:* Cav. ing. Guglielmo Di Simone - Prof. Orso Mario Corbino.

Roma, Corso Umberto I, 397 - *Presidente:* Ing. Giovanni Giorgi; *Vicepresidente:* Prof. Quirino Majorana Calatabiano; *Segretario:* Ing. Filippo Fiorentini; *Cassiere:* Comm. ing. Oreste Lattes; *Consiglieri:* Ing. Ulisse Del Buono - Comm. Giovanni Dell'Oro - Dott. Giovanni Di Pirro - Comm. prof. Guglielmo Mengarini - Ing. cap. Carlo Vita-Finzi.

Torino, Galleria Nazionale - *Presidente:* Comm. ing. Vincenzo Soldati; *Vicepresidente:* Ing. Ettore Thovez; *Segretario:* Cav. ing. Enrico Sègre; *Cassiere:* Ing. Andrea Luino; *Consiglieri:* Comm. Federico Dumontel - Ing. Guido Fornaca - Prof. dott. Arturo Miolati - Ing. Paolo Prat - Ing. Emilio Silvano - Ing. Pietro Verole.

Digitized by Google

Vol. VIII. NOVEMBRE-DICEMBRE 1904 Fasc. 6°

ATTI

DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SEDE CENTRALE — ROMA

N. 37.

LA FORMA DELLE OSCILLAZIONI NELLE CORRENTI ALTERNATE

CONFERENZA

fatta dall' Ing. **GIUSEPPE REVESSI** *alla Sezione di Roma*

nella Seduta del 24 aprile 1904.

Nello studio della forma delle oscillazioni delle correnti alternate l'interesse scientifico si accoppia, come raramente, all'importanza delle conseguenze pratiche.

A procedere per gradi cominciamo con lo studiare sperimentalmente l'influsso della frequenza, cercando, poichè non è disgraziatamente possibile di utilizzare la f. e. m. sinussoidale indotta in un induttore terrestre mantenuto in moto uniforme di rotazione, di adoperare una f. e. m. non troppo discosta dalla forma sinussoidale, quale è possibile, per esempio, di ottenere coll'antico alternatore di Siemens ad indotto senza ferro mobile tra una doppia corona di poli.

Se in tali condizioni alimentiamo una lampada a incandescenza avente in serie una bobina di induzione, vediamo che, pur mantenuto costante il valore efficace della d. di p., la luce emessa dalla lampada va gradatamente diminuendo, man mano che, aumentando la velocità dell'alternatore, la frequenza cresce. La causa del fenomeno è complessa: oltre all'aumento della reattanza la corrente incontra un ostacolo sempre maggiore sia per l'aumento della resistenza ohmica dovuto, benchè sul principio in maniera poco sensibile, allo *skin-effect,* sia, in proporzione maggiore, all'aumento della

Digitized by Google

cosiddetta resistenza equivalente, dovuto alla sempre maggiore energia che la corrente deve somministrare per sopperire alle perdite per isteresi e per correnti verticose nel nucleo, perdite in seguito alle quali questo si può fortemente riscaldare.

Se invece alimentiamo in condizioni analoghe un condensatore, le cose cambiano totalmente: l'indice di un voltometro a filo caldo posto in serie col condensatore stesso devia tanto maggiormente quanto più la frequenza è elevata; con la corrente continua, eccetto una piccola oscillazione nell'istante dell'apertura o della chiusura del circuito, l'ago resta immobile allo zero.

Altri casi ci sono ancora in cui la frequenza ha una funzione importante, per esempio, nei voltametri, dove al crescere di essa l'elettrolisi tende a cessare.

Di rado però, e cioè nei soli casi di resistenze ohmiche, di rocchetti di induzione non contenenti ferro nè masse metalliche, e di condensatori a dielettrico omogeneo, a una d. di p. sinussoidale corrisponde una corrente della stessa forma; in tutti gli altri casi di elettromagneti, di condensatori, di voltametri, di lampade ad arco, ecc., la corrente risulta di forma diversa, e non è sempre facile predeterminare non dirò la forma della corrente, ma anche soltanto il suo valore efficace.

Il problema si complica, se, come avviene comunemente per la presenza del ferro nei generatori, la f. e. m. stessa è deformata: il procedimento più comunemente usato consiste allora nel considerare la curva della f. e. m. in coordinate ortogonali come la risultante di un certo numero di sinussoidi, in pratica abbastanza limitato, la prima, l'armonica fondamentale, avente la medesima frequenza della curva deformata, le successive, le armoniche superiori, aventi frequenze, nella pluralità dei casi, tre, cinque, sette, ecc., volte maggiori; numerosi metodi, parte analitici, parte grafici, parte anche meccanici, permettono di scomporre una curva deformata nelle sue armoniche. Il successivo passo consiste nello studiare separatamente la corrente dovuta a ciascuna di queste f. e. m. sinussoidali, e nel determinarne infine la risultante.

Applicando questo procedimento è possibile risolvere almeno approssimatamente una quantità di problemi, una volta nota l'azione della frequenza; così fatta agire ai morsetti di una bobina di reazione una d. di p. deformata, possiam prevedere che, astraendo dall'influenza del ferro, la corrente risulterà meno deformata della f. e. m., alle armoniche superiori corrispondendo una impedenza

Digitized by Google

sempre maggiore. Questa azione, che può essere paragonata a quella di un filtro, si ripete ma in senso inverso per una capacità. La combinazione di questi due effetti può servire, realizzando la risonanza, a mettere meglio in evidenza successivamente le singole armoniche, come pure è feconda di utili applicazioni pratiche specialmente in telegrafia e telefonia.

La soluzione quantitativamente rigorosa dei problemi attinenti alle correnti alternate deformate cade però col metodo ora accennato in difetto in tutti quei casi in cui a una f. e. m. sinussoidale, corrisponde già, come per un elettromagnete, una corrente deformata.

A facilitare la soluzione di questi problemi risulta allora spesso utile la determinazione sperimentale della forma della curva della f. e. m., della corrente, ed eventualmente anche del flusso e della potenza.

Il metodo classico per determinare la forma della curva di una f. e. m. alternata è dovuto a Joubert (1880), il quale utilizzando il fatto che alla medesima posizione dell'indotto rispetto all'induttore corrisponde, a parità delle altre condizioni, il medesimo valore istantaneo della f. e. m., ideò il disco che porta il suo nome e la annessa disposizione elettrica, che permette la misura del valore istantaneo stesso, disco e disposizione elettrica che subirono col tempo importanti modificazioni; il medesimo procedimento, opportunamente modificato, può servire anche alla determinazione della forma delle altre grandezze periodiche citate.

Per rendere l'operazione più spedita qualche costruttore ha pensato di rendere automatico lo spostamento delle spazzole lungo il disco, in modo che l'ago del galvanometro possa, mediante una trasmissione opportuna, registrare direttamente la curva su una zona di carta mantenuta in movimento di traslazione; non è stata però raggiunta una realizzazione meccanica completamente soddisfacente di questo concetto.

Con genialità molto maggiore Hospitalier ha applicato nel suo ondografo, ancora derivato dal disco Joubert, il principio dello stroboscopio: il disco, che ha qui l'aspetto di un collettore, non si muove cioè sincrono colla corrente, ma compie 999 rotazioni nel tempo in cui la corrente compie 1000 periodi; ne risulta che pur rimanendo le spazzole fisse, il circuito di misura si chiude ad intervalli di tempo di $^1/_{1000}$ maggiori della durata di un periodo, cosicchè l'ago del galvanometro segue con la sua deviazione la forma della curva di un

*

Digitized by Google

intero periodo in un tempo eguale a 1000 periodi, e la traccia, comandando una punta scrivente, su una zona di carta. Il principio fondamentale di questo apparecchio può essere messo in maggiore evidenza mediante un semplice diagramma, per questo, come in generale per un maggior sviluppo degli argomenti qui accennati, vedi una mia nota nell'*Elettricista*, 1904, pag. 193.

Un principio affatto diverso e, a prima vista, più ovvio è realizzato negli oscillografi; il costruire però un galvonometro che oscilli sincrono con la corrente, mantenendo la propria deviazione proporzionale al suo valore istantaneo è cosa praticamente tutt'altro che facile, e per quanto il costruttore possa avvicinarsi alla scopo sopra tutto riducendo il momento d'inerzia dell'equipaggio mobile, e provvedendo a un energico smorzamento, difficilmente l'oscillografo può competere per l'esattezza dei risultati col disco di Joubert.

Tralasciamo dall'accennare ad altri metodi che non hanno per ora una vera importanza pratica.

Lo studio delle curve deformate delle correnti alternate è chiamato a risolvere ancora importanti problemi, specialmente relativi alla magnetizzazione del ferro, agli archi voltaici e all'elettrolisi, sono arra del buon esito avvenire di queste ricerche i risultati già ottenuti da questi studi, specialmente per la costruzione degli alternatori.

Digitized by Google

N. 38.

« KRYPTOL »

NUOVO SISTEMA DI RISCALDAMENTO MEDIANTE L'ELETTRICITÀ

e sue applicazioni industriali e domestiche

CONFERENZA

del Socio signor **GIUSEPPE ROSTAIN** *alla Sezione di Torino il 2 dicembre 1904.*

Signori,

Mi sia permesso, anzitutto, di ringraziare il Consiglio della Sezione torinese dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, per avermi concesso, questa sera, di intrattenere un sì eletto uditorio sulle nuove stufe col sistema Kryptol. Dopo una breve premessa mi permetterò, nei limiti che me lo concederanno i circuiti elettrici messi gentilmente a mia disposizione dalla Società Piemontese di Elettricità, di presentare in funzione alcuni apparecchi di questo sistema.

Non intendo, e non potrebbe essere cómpito mio questa sera, intrattenervi su tutti gli svariati tipi di stufe elettriche esistenti. Mi limiterò soltanto a ricordarvi che da noi sono oggi in uso due sistemi per produrre il calore mediante l'elettricità: i forni ad arco e le stufe a resistenza.

Nei primi, come tutti sanno, la corrente elettrica, interrotta in determinato modo, produce, al punto d'interruzione, una forte fiamma luminosa che noi chiamiamo « arco voltaico ». Questi fornelli vengono denominati « a riscaldamento diretto ».

Nelle seconde invece la corrente attraversa un conduttore, che, opponendo una certa resistenza al suo passaggio, lo riscalda. Queste stufe sono denominate « a riscaldamento indiretto ».

Quali sieno le proprietà dei forni ad arco non è il caso di ricordare. L'alta temperatura che con questi forni si può raggiungere (e che può essere concentrata in uno spazio limitatissimo), permette la fusione e la separazione di certi minerali così utili all'industria, che prima non potevano assolutamente essere trattati senza difficoltà grandi e spesso insormontabili.

Digitized by Google

I fornelli a resistenza sono già stati presentati sotto le più svariate forme; in generale trattasi di una corrente elettrica che attraversa un conduttore metallico di grande resistenza.

Una ditta tedesca, nota sotto la ragione sociale di Becker & C., di Berlino, oggi « Kryptol Gesellschaft mit beschränkter Haftung », lavorava da oltre sei anni allo scopo di riuscire a presentare sul mercato industriale un forno elettrico suscettibile di essere vantaggiosamente applicato all'industria ceramica, e specialmente a quella del vetro. I primi esperimenti furono fatti con forni elettrici ad arco voltaico. La Società provò ad utilizzare questi forni per la fusione della massa vitrea presa al suo stato naturale, purificarla e successivamente lavorarla.

Gli esperimenti più importanti furono eseguiti in Plettemburg (Westfalen) e Matrai nel Tirolo dove, utilizzando le forze idrauliche locali, il costo del processo veniva ad essere limitatissimo. Con questo procedimento si ottenne del vetro, che però non corrispondeva alle aspettative, presentandosi tutt'altro che puro e possedendo una struttura tutt'altro che omogenea.

Queste prove, senza risultati pratici, indussero la Società a rivolgere nuovamente i suoi studi alle stufe ed ai fornelli a resistenza.

I fornelli a resistenza, oggi generalmente usati, sono costituiti da spirali di filo di platino; si pensò quindi di adottare questi, anche perchè permettevano di raggiungere temperature abbastanza elevate. La costruzione di questi apparecchi a riscaldamento indiretto è conosciuta: il corpo da riscaldare viene circondato da una materia isolante sulla quale si dispone la resistenza costituita da un filo di platino, di nikel o di un altro metallo, i quali avranno per effetto di trasformare la corrente elettrica in calore. Molti sostituiscono, al filo, delle lamelle sottilissime.

È ovvio che i fili o le lamelle di questi apparecchi dovranno essere talmente sottili da presentare, al passaggio della corrente, la resistenza necessaria per produrre l'effetto richiesto. Quest'applicazione è però limitata a quei fornelli nei quali si deve raggiungere una temperatura che non sia quella di fusione del metallo che costituisce la resistenza, ed è quindi chiaro che nell'industria questo sistema non potrà avere successo economico, giacchè non è concepibile che un apparecchio industriale debba essere costruito con fili di *platino* o di *nikel,* metalli costosissimi ed a cui si dovrebbe far ricorso per poter raggiungere temperature un po' elevate; quindi nuove e non lievi difficoltà per la mia Società la quale si vide di nuovo costretta a rivolgere le sue esperienze al carbone.

Digitized by Google

Venne allora provato di ridurre del carbone in piccoli granellini attraverso i quali si faceva passare una corrente, cercando di utilizzare il calore prodotto dai piccoli archi che si formavano tra i singoli pezzi. Questi esperimenti, durati quasi tre anni, non diedero, nei primi tempi, risultati troppo lusinghieri. Fu solo allorchè un ingegnere della « Kryptol Gesellschaft » ideò di trattare il carbone, ridotto in piccoli granelli, con altre sostanze, che si riuscì ad ottenere un conduttore discontinuo sciolto, che si comportava come un'ottima resistenza regolabile. L'applicazione, nella costruzione di apparecchi per il riscaldamento, di una simile resistenza sciolta e quindi facilmente regolabile, si constatò che era da preferirsi, per i suoi grandi vantaggi, a tutti gli altri sistemi.

Quanto ho esposto, basterà a far comprendere il modo di funzionare dei nostri apparecchi.

Ecco qui una specie di fornello di terra refrattaria (fig. 1) ai cui estremi sono fissati due elettrodi di carbone. Sul fondo di questo fornello versiamo un miscuglio di carbone, silicati, grafite e metallo (quest'ultimo per rendere il miscuglio più conduttore). A questo miscuglio è stato dato il nome di « CRYPTOL ».

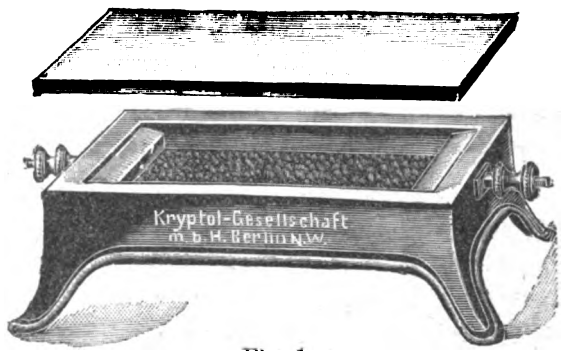


Fig. 1.

Per mettere in funzione il nostro fornello non abbiamo che da scuotere un poco la massa del Kryptol per ugualizzarla, e chiudere l'interruttore.

I miei benevoli uditori potranno facilmente constatare come nella massa si formino dei piccoli archi voltaici, e come con grande rapidità si sviluppi dal Kryptol un calore abbastanza intenso che la mano, a breve distanza, subito risente. Ora prendendo un recipiente contenente una certa quantità di acqua. e ponendolo al disopra del fornello, questa bollirà in circa dieci minuti.

Il brevetto Kryptol concerne e tutela l'impiego di corpi resistenti sotto forma di piccoli pezzi sino a 7 mm. di grossezza, liberi tra di loro, che funzionino come resistenza ordinaria di un circuito elettrico, e sieno atti a riscaldare, in date e determinate condizioni, gli oggetti coi quali sono a contatto. Per ottenere questo scopo si avrebbe potuto ricorrere a dei semplici granelli di metallo od anche

Digitized by Google

di carbone, ma l'effetto che ne avremmo ottenuto non sarebbe stato quello che è possibile di raggiungere col miscuglio testè descrittovi, e che vi presento.

A questo miscuglio, che non darà i risultati promessi ove non sia preparato con quelle date proporzioni dei minerali sopraccennati, è stato dato il nome fantastico di Kryptol, non potendosi denominare nè Carborundum, nè Grafite, nè Silicato, ecc., essendo esso un composto di tutte queste diverse sostanze.

Osservando questo fornello noi ci domandiamo, istintivamente, a quante applicazioni il Kryptol potrà prestarsi per l'uso domestico! Un apparecchio come questo, ove si possa disporre di una sorgente di elettricità qualsiasi, sostituisce facilmente un fornello da cucina, sia esso a gas che a carbone. È facile immaginare come il Kryptol sarà bene accetto dalle nostre massaie sia per la semplicità, durata e sicurezza del suo funzionamento, come per la pulizia ed igiene che dal suo impiego derivano.

Un altro importante pregio degli apparecchi Kryptol sulle ordinarie resistenze metalliche (fili o lamelle), è che nell'eventualità di un eccesso di tensione sulla linea o di una falsa connessione nessun danno si produce nell'apparecchio, mentre che le resistenze costituite da fili o lamelle si brucerebbero.

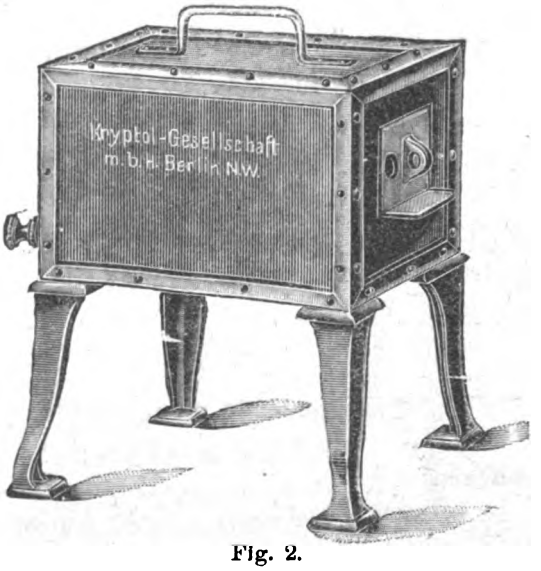


Fig. 2.

La parte più importante, però, di questo sistema consiste in ben altro. I nostri forni Kryptol trovano la loro più ampia indicazione nell'industria, e potranno quindi essere fonte di applicazioni utilissime.

Sono veramente spiacente di non poter qui presentare uno dei fornelli che io ho visto funzionare nell'ottobre scorso a Berlino ed a Charlottenburg. Ho però qui un piccolo fornello Kryptol (fig. 2) che metterò sotto corrente dopo averne loro spiegata la costruzione.

Questo fornello è costituito da un recipiente di ferro con le pareti rivestite di materia refrattaria; tra i due elettrodi di carbone e

Digitized by Google

questa mufola refrattaria, viene introdotto il Kryptol che, al passaggio della corrente, diviene incandescente e trasmette il suo calore attraverso le pareti della mufola.

Qui abbiamo invece un forno a crogiuolo (fig. 3) che io ho già riscaldato e nel quale vedremo fondere del metallo. Anche qui il crogiuolo è munito di due elettrodi, tra i quali trovasi il Kryptol sorretto dalle pareti di terra refrattaria del fornello; la corrente riscalderà il Kryptol portando il crogiuolo al rosso bianco.

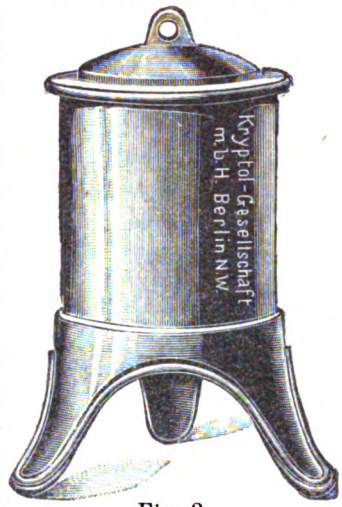


Fig. 3.

Spiacemi non poter far vedere loro tutti gli apparecchi che verrò descrivendo, ma potremo farcene un concetto abbastanza chiaro, se vorranno essere cortesi di seguirmi nella esposizione che andrò a farne, con l'aiuto di alcune proiezioni.

Questa è una specie di stufa, o forno a tubo, detta anche stufa a cannone (fig. 4); e consiste in un tubo di porcellana alle cui estremità sono infilati gli elettrodi a forma di ferro di cavallo. Lo spazio tra il tubo e il fondo di terra refrattaria dell' apparecchio è riempito di Kryptol in modo da racchiuderlo quasi completamente. La corrente che attraversa il Kryptol, lungo la parete del tubo, ne innalza la temperatura al calore rosso bianco. Introducendo in questo tubo delle verghe di metallo, come ad esempio degli utensili di acciaio, questi possono essere scaldati e poi temperati uniformemente su tutta la loro lunghezza.

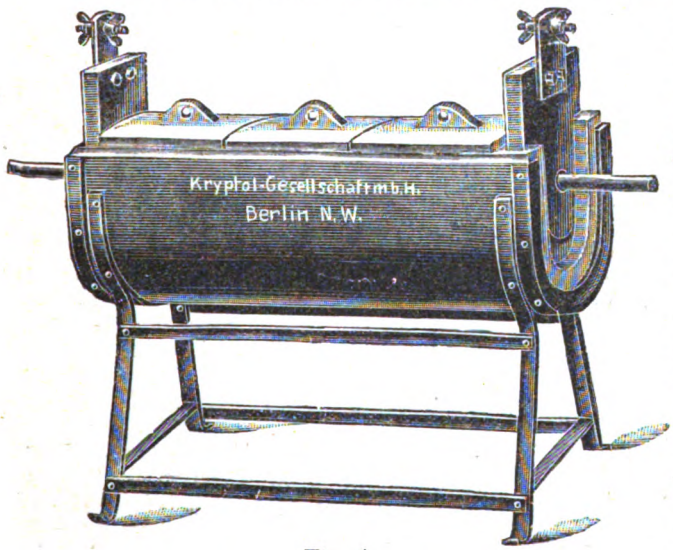


Fig. 4.

Digitized by Google

Con questi fornelli si sono raggiunte temperature altissime, tali da fondere il tubo stesso. Ho qui, infatti, un pezzo di tubo che ha servito per una stufa come questa, e che è stato fuso impiegando un'intensità non superiore ai 20 ampères a 220 volts. Basta osservare questo tubo per farsi un concetto dell'alta temperatura cui si è dovuto arrivare per ridurlo in tale stato.

A nessuno sfuggirà l'importanza dei grandi vantaggi del nostro sistema per mezzo del quale, con la stessa massa, si può raggiungere la temperatura dell'arco voltaico (3000° C. e più) e, regolando la massa stessa, scendere alle temperature ordinarie di una stufa per il riscaldamento delle abitazioni.

Questa stufa (fig. 5) è costituita da un canale di ghisa smaltato che contiene il Kryptol, e dove il calore, che da questo si sprigiona,

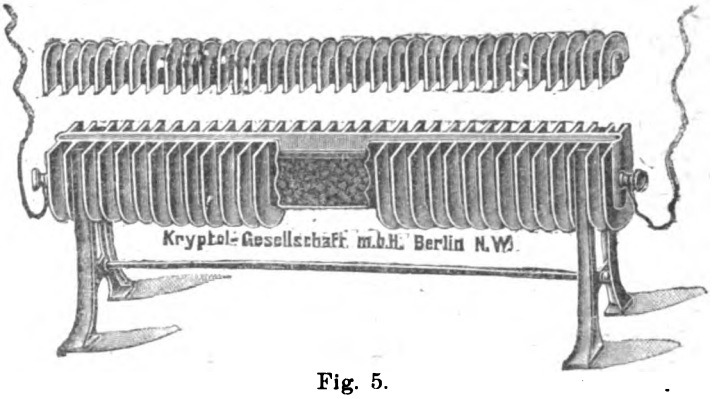


Fig. 5.

viene trasmesso alle numerose alette che circondano l'apparecchio, e da queste irradiato all'ambiente.

Gli uffici della « Kryptol Gesellschaft » a Berlino sono riscaldati con tali stufe lunghe m. 1.20, e due di esse sono più che sufficienti per due ambienti di circa mc. 160 ciascuno. I due apparecchi sono derivati da un circuito a 220 volt e 10 ampères.

Ora, ritornando al fornello di cui nella figura 1, sul quale abbiamo deposto, pochi minuti fa, un recipiente d'acqua, potranno vedere che questa già bolle, e che è tempo di *spegnere il fuoco,* il che ottengo *tagliando,* mi si permetta questo termine, la massa del Kryptol in due parti. Come vedono, il Kryptol è completamente incandescente, senza che esso bruci; a questa temperatura, abbastanza alta, non abbiamo sviluppo nè di fumo, nè di gas, ed è stato provato che, anche a temperature più elevate, quelle ad esempio per fondere metalli durissimi, i gas che si sviluppano sono appena

Digitized by Google

percepibili e non recano molestia alcuna. Del resto, non è necessario di lavorare con la stufa ed il fornello aperti, essi possono venire ermeticamente chiusi in modo da eliminare completamente la propagazione delle tracce di gas. Facile poi sarebbe di provvedere al tiraggio naturale per condurre questi gas all'aperto.

Come si è visto, il nostro fornello con la semplice separazione della massa si è spento; il calore però si conserva a lungo, essendo il Kryptol un cattivo conduttore, così che anche dopo più di mezz'ora il calore che esso irradia è ancora abbastanza sensibile.

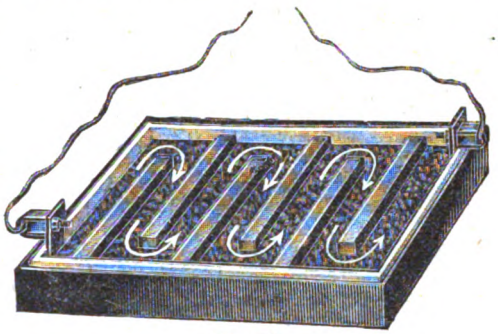


Fig. 6.

Quest'altra figura (fig. 6) riproduce un fornello specialmente adatto per tensioni elevate. Per portarsi da un elettrodo all'altro, la corrente è costretta di seguire il percorso segnato dalle frecce.

Il fornello che ora descriverò (fig. 7) deve particolarmente interessare i signori Chimici. Esso serve per bruciare o riscaldare le

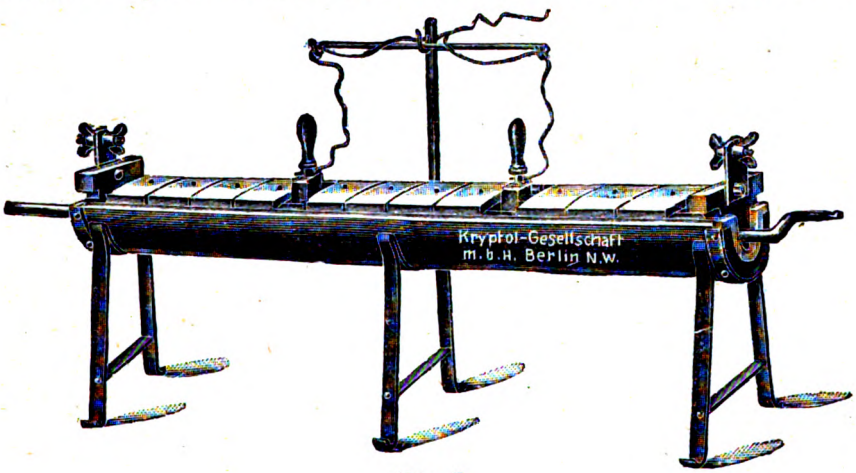


Fig. 7.

sostanze organiche da analizzare, e consiste in un canale di ferro, chiuso agli estremi dagli ordinari elettrodi, quali abbiamo visto negli apparecchi precedenti. Il tubo contenente la sostanza da analizzare si trova semisepolto nel Kryptol. Un simile apparecchio è atto a riscaldare un tubo di due metri e più di lunghezza, e non richiede

Digitized by Google

più di 20 ampères a 110 volt. Ho detto che il fornello consiste in un semplice canale di ferro rivestito internamente di materia refrattaria isolante, nel quale si adagia il tubo circondato tutto od in parte dal Kryptol. Se, ad esempio, si dovesse riscaldare soltanto la parte centrale del tubo, non occorrerà fare altro che immergere nel Kryptol, agli estremi del punto da riscaldare, due elettrodi mobili che convenientemente spostati potranno gradualmente riscaldare il tubo in tutto il senso della sua lunghezza.

Un altro apparecchio avente lo stesso scopo, però di costruzione alquanto diversa, è quello indicato da quest'altra figura (fig. 8).

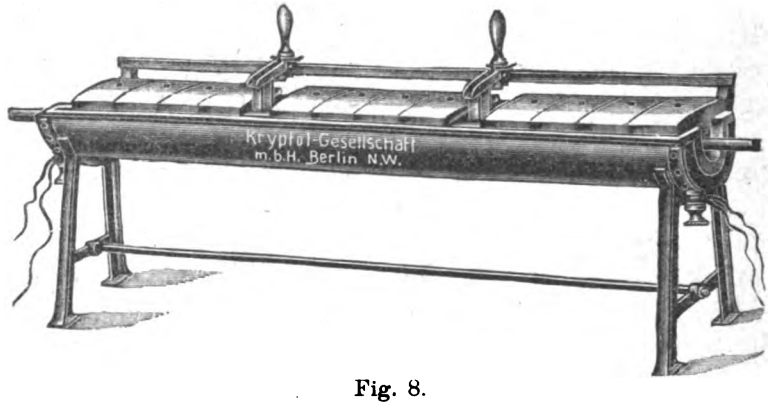


Fig. 8.

Qui una sbarra di rame, collocata lateralmente, offre modo di escludere una parte della stufa stessa, mettendo, mediante le due forchette collegate alla sbarra di rame, il Kryptol in corto circuito. È chiaro che la corrente, nel tratto fra le due forchette, eviterà il Kryptol per passare nella sbarra di rame, meno resistente del Kryptol stesso. In tale modo arriveremo a riscaldare le sole estremità del tubo, riscaldamento che potremo man mano portare verso gli estremi della stufa, spostando convenientemente le due forchette. L'esperienza ha dimostrato che, usando questo mezzo per riscaldare o bruciare le sostanze organiche, ne risulta una notevole economia di tempo accoppiata ad un maneggio facile e di esito sicuro, risultati che non si potrebbero conseguire impiegando le complicate stufe a gas oggi in uso.

Ritorniamo ora per un momento al nostro crogiuolo (fig. 3), che, come si vede, ha raggiunto lo stato incandescente, ed introduciamovi alcuni pezzi di alluminio, che noi vedremo fuso in breve tempo.

Ho scelto questo metallo perchè fonde ad una temperatura alquanto bassa (circa 700°), e senza emanare troppi vapori. Con un

Digitized by Google

forno a crogiuolo, come questo, opportunamente regolato, possiamo raggiungere temperature talmente elevate da arrivare a fondere il crogiuolo stesso! Non ho bisogno certamente di dirvi dove simili forni trovino applicazione, giacchè è da tutti conosciuto il loro impiego nelle fonderie. A Charlottenburg abbiamo uno di questi forni con un crogiuolo della capacità di circa 4 dcmc., e che ha reso liquido, in mia presenza, con la massima facilità, de lminerale di ferro allo stato naturale con una intensità di corrente di 30 ampères a 220 volts.

Intanto che il nostro metallo fonde passeremo in rassegna altri apparecchi interessantissimi.

Quello riprodotto dalla figura 9 serve per il riscaldamento delle provette, ed è di grande utilità nei laboratorî di chimica. Nel fondo dell'apparecchio trovansi numerosi recipienti di materia refrattaria circondati dal Kryptol. I tubi, sorretti da appositi sopporti, sono riscaldati alla parte inferiore.

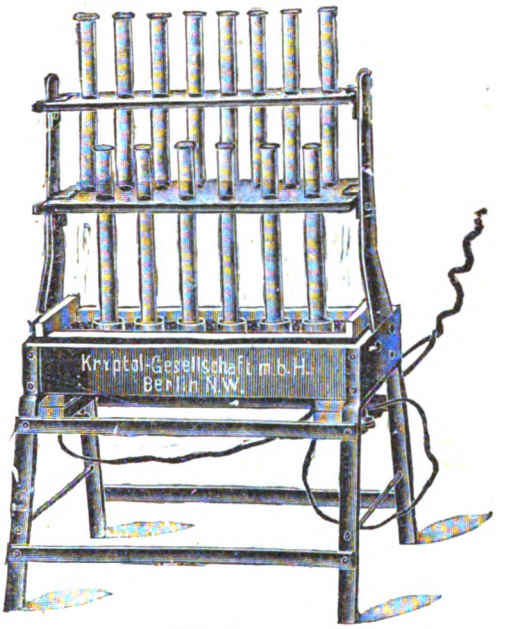


Fig. 9.

Nella figura 10 abbiamo un altro apparecchio che serve per il riscaldamento dei liquidi.

La sua costruzione interna è anche qui oltremodo semplice. L'apparecchio riscaldatore è fissato sul coperchio, e porta alla sua parte inferiore una colonnetta riempita di Kryptol, che, riscaldandosi al passaggio della corrente, trasmette il proprio calore al liquido contenuto nel recipiente. Questo apparecchio serve, ad esempio, per riscaldare l'acqua nei bacini da bagno, negli apparecchi medici, ecc.

Altro apparecchio utilissimo è quello presentato dalla figura 11, che trova importanti applicazioni nelle fabbriche di colori per il riscaldamento dei liquidi infiammabili. È facile comprendere come, con uua simile disposizione, le pareti non si trovino in contatto diretto col fuoco, e come ogni pericolo di accensione sia assolutamente escluso, e come la temperatura della massa del Kryptol possa essere convenientemente regolata dall'esterno.

Digitized by Google

Vi è ancora un'altra interessante applicazione del Kryptol, che è però ancora allo stato di studio, e che riuscirà utilissima nella industria del ferro. Allorchè si fondono i grossi maselli di acciaio, avranno, o signori, avuto occasione di osservare che sulla faccia superiore del masello si forma sempre una cavità, dovuta al fatto che tutti i liquidi contenuti in recipienti esposti all'aperto si raffreddano dall'esterno all'interno, cioè il raffreddamento avviene più

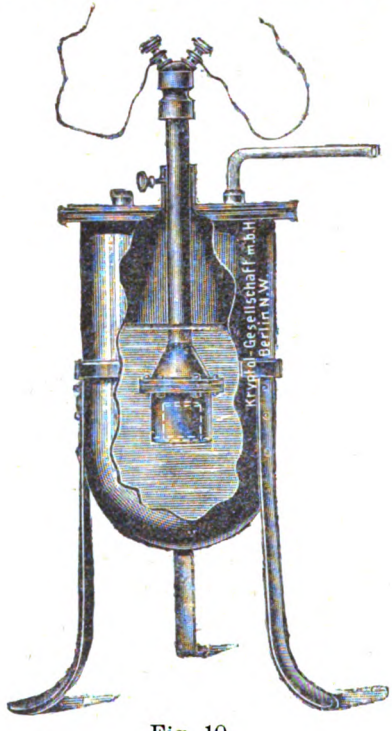


Fig. 10.

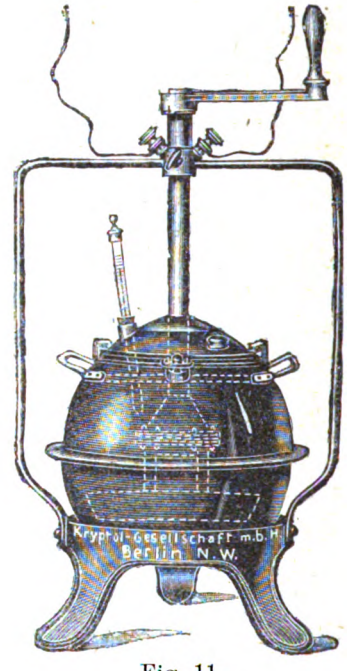


Fig. 11.

rapidamente in prossimità delle pareti, e quindi il cosiddetto ritiro della massa va sempre a danno della parte più tarda a raffreddarsi, cioè della parte centrale. Gli studi che si stanno facendo tendono appunto a cercare di riscaldare col Kryptol le pareti delle forme che ricevono l'acciaio fuso, per raffreddarle gradatamente ed uniformemente insieme alla massa interna. Pare che nell'industria dell'acciaio un raffreddamento uniforme in tutto il masello sia d'importanza non comune. In questo caso il costo della corrente elettrica non può essere elevato, perchè oggidì si può convenientemente utilizzare, come forza motrice per la produzione della corrente, il gas degli stessi forni.

Digitized by Google

Permettete infine che io accenni ad un'altra applicazione del Kryptol, del suo impiego cioè come resistenza regolatrice. La figura 12 riproduce un tale apparecchio. Esso consiste in un semplice tubo quadrangolare ripieno di Kryptol; i due elettrodi sono formati: uno dal tassello superiore di carbone, l'altro da un elettrodo piatto posto alla base. Dall'elettrodo superiore la corrente arriva alla massa del Kryptol, l'attraversa, ed esce dall'altro elettrodo, viceversa.

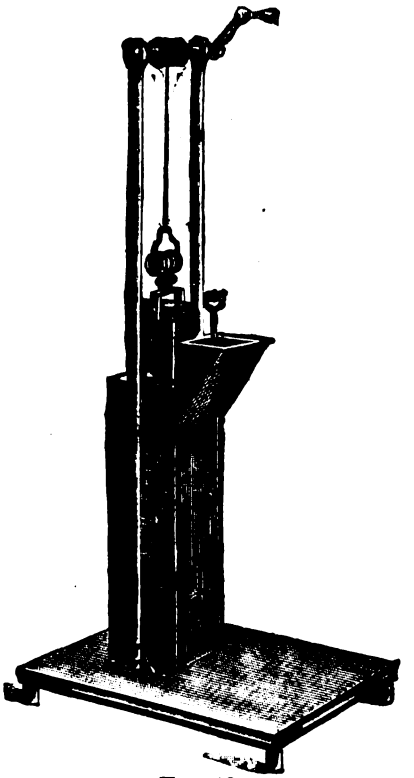


Fig. 12.

Desiderando diminuire la resistenza del circuito, non si avrà che da aprire lo sportello inferiore per farne uscire una certa quantità di Kryptol; per contro, volendo inserire maggiore resistenza, non avremo che da alzare il blocco di carbone, che permetterà al Kryptol di scendere per il canale laterale. In tal modo è resa possibile una regolazione molto sensibile, anche nei casi d'impiego di grandi intensità di corrente.

Questa resistenza trova un'utilissima applicazione nei nostri grandi forni Kryptol, nei quali s'impiegano forti intensità di corrente ed in sostituzione delle resistenze liquide, le quali presentano tutta quella serie d'inconvenienti ben conosciuti, e che non è qui il caso di enumerare.

A questo punto nasce spontanea l'obbiezione: non si potrebbe, nei fornelli Kryptol, fare a meno di tali regolatori, i quali presentano gli stessi inconvenienti dei comuni regolatori a resistenza, cioè di assorbire e disperdere dell'energia la quale potrebbe essere tutta utilizzata variando e rendendo più o meno compatta e resistente la massa del Kryptol nel fornello?

Anche intorno a questo problema la mia Casa ha studiato e sperimentato costruendo dei fornelli speciali, i quali diedero, per limitate dimensioni, buonissimi risultati. Per forni di grandi dimensioni e dove sono impiegate forti intensità di corrente, si è trovato invece più conveniente l'impiego di resistenze regolatrici Kryptol. In uno stabilimento provvisto di più apparecchi Kryptol si potranno

Digitized by Google

utilizzare e far funzionare come regolatori, inserendoli o mettendoli in corto circuito, altri fornelli di secondaria importanza.

Ma ritorniamo al nostro crogiuolo, di cui alla figura 3. Loro signori potranno facilmente constatare che l'alluminio si è fuso, e come il funzionamento e la semplicità di questo forno a crogiuolo elettrico sono veramente soddisfacenti! In Germania questi forni hanno già incontrato larga applicazione, ed un grande numero di essi già funzionano con risultati, sotto ogni aspetto, ottimi.

Si sono già costruiti dei fornelli a mufola, profondi 60 centimetri e larghi 40; in questi casi appunto, come ho accennato, il nostro regolatore trova importante e conveniente applicazione.

Signori,

Questa prima comunicazione, in Italia, sui fornelli a sistema Kryptot è fatta dopo neppure un anno che la Società Kryptol ha intrapreso a costruire apparecchi per uso industriale, e dei quali vi ho presentati alcuni esemplari.

La Società Kryptol mi ha inviato testè la copia di un rapporto fatto il 18 ottobre scorso dal Consolato americano di Berlino al Ministero d'industria e commercio degli Stati Uniti su questo nuovo sistema di riscaldamento. Gli Americani, che prendono le cose molto più sul serio di quanto non facciamo noi in Europa, hanno riportato con grande entusiasmo sui giornali questo rapporto, ponendo in rilievo l'importanza della nuova invenzione.

Dati gl'indiscutibili vantaggi che questo nuovo sistema di riscaldamento offre all'industria, è da augurarsi che esso possa presto trovar fra noi rapida e conveniente applicazione.

Non sto ad enumerare le importanti applicazioni di cui il riscaldamento col sistema Kryptol può formare oggetto. Loro stessi, o signori, dopo aver preso visione di questi fornelli, immagineranno facilmente in quanti altri rami dell'industria — oltre quelli già da me accennati — potrà venire introdotto il nuovo trovato.

Si è molto discusso, e si discute tuttogiorno, sulla convenienza economica di trasportare nei lontani centri industriali quell'energia che per migliaia e migliaia di cavalli va ancora perduta nelle gole delle nostre montagne. Io ho fiducia che il sistema Kryptol, il quale consentirà di utilizzare sul posto quest'energia, stia per schiudere alle nostre industrie nuovi e più vasti orizzonti.

Prima di finire, mi sia permesso di esprimere i miei ringraziamenti all'egregio sig. ing. Pinna, direttore della Società Piemontese

Digitized by Google

di Elettricità, che volle gentilmente mettere a mia disposizione un circuito elettrico speciale che mi permettesse di presentare loro in funzione questi piccoli apparecchi, come pure ringrazio i miei cortesi uditori per l'attenzione che mi hanno prestata, e chiedo loro venia se, causa la mia imperizia di conferenziere, sarò sembrato troppo prolisso, e se con le mie esperienze, li ho annoiati!

Valgami di giustificazione il grande interesse che io nutro per le conquiste scientifiche moderne e il vivo desiderio mio di vederle largamente diffuse ed applicate nel nostro paese a beneficio delle sue giovani e promettenti industrie e ad onore di quanti vi dedicano operosi il braccio e la mente!

***

A domanda di alcuni Soci sul costo e rendimento del riscaldamento col sistema Kryptol, il conferenziere rispose:

Il riscaldamento coll'elettricità, paragonato a tutti gli altri sistemi di riscaldamento, è certamente oggi il più costoso; poter *a priori* stabilire quanto costerà, col sistema Kryptol, il portare un litro di acqua all'ebollizione, non è cosa facile, data la diversità del costo della corrente elettrica nelle diverse località.

Senza dubbio il riscaldamento col carbon fossile, direttamente bruciato nelle stufe, costa molto meno che non quello collo spirito o col petrolio, col gas o coi termo-sifoni, e così anche l'illuminazione a gas costa meno di quella elettrica. Ciò nullameno noi vediamo che oggi il riscaldamento coi termo-sifoni e col gas ha preso il sopravvento su tutti gli altri sistemi meno costosi, nello stesso modo che l'illuminazione elettrica tende a soppiantare un po' alla volta il gas!

La comodità, la sicurezza e l'igiene hanno portato a dare la preferenza alla illuminazione elettrica senza badare alla spesa; così avverrà del riscaldamento!

La sicurezza di funzionamento che sembra presentino i nuovi apparecchi ed il loro costo, che si assicura essere limitatissimo, ne favoriranno le applicazioni; di conseguenza le Società fornitrici di corrente elettrica saranno trascinate, come già fecero per la forza motrice, ad accordare, per il riscaldamento, prezzi speciali, come del resto viene già praticato qui in Torino ed in tutti i principali centri industriali d'Italia e dell'estero.

Se le potenti nostre forze idrauliche si utilizzassero sul posto, senza impiego di tanti capitali nelle condutture e nelle officine rice-

Digitized by Google

vitrici e distributrici, è facile il supporre che il costo del kilowatt (che oggi si paga a Torino L. 0.15 per forza motrice e L. 0.90 per luce) verrebbe a costare frazione di centesimo. Allora certamente il nuovo sistema di riscaldamento troverà rapida, larga e vantaggiosa applicazione nelle industrie nostre! Ne cito alcune: fabbriche di ceramica, di vetrerie, fonderie da metalli, fabbriche di vernici e colori, fonderie di caratteri per tipografia, forni d'ogni genere, ecc.

Anche nei grandi centri, malgrado l'elevato prezzo dell'energia elettrica, il sistema Kryptol, per le proprietà sue dianzi enumerate, finirà per generalizzarsi e, per talune applicazioni (dove è necessario raggiungere altissime temperature), ad imporsi.

In quasi tutti gl'Istituti scientifici della Germania il nuovo sistema di riscaldamento elettrico va rapidamente sostituendosi, anche per ragione di economia, a tutti gli antichi fornelli e forni a gas; ed anche in Italia, dove da poche settimane il sistema Kryptol è apparso, ha già svegliato sensi di curiosità nel mondo scientifico, e vari Istituti vollero sperimentarlo, ed alcuni, come il Laboratorio di chimica della R. Scuola di applicazione degl'ingegneri di Torino, adottarlo.

Per quanto si riferisce al rendimento del sistema, le esperienze eseguite dalla mia Casa e da me qui ripetute, sulla utilizzazione in calorie della energia elettrica fornita agli apparecchi, diedero i seguenti risultati.

Applicando la legge di Joule noi sappiamo che 1 KWO = 841 calorie, e precisamente 1 KWO dovrebbe elevare di 84.1° C., e cioè portare all'ebollizione 10 litri d'acqua presa a 15.9°.

Impiegando su di un elementare fornello Kriptol (vedi fig. 1) uno dei soliti recipienti per riscaldare l'acqua, nei quali è massima la dispersione del calore, il rendimento ottenuto è stato del 55 per cento, cioè per fare bollire un litro d'acqua presa alla temperatura di 16° C. si consumarono 182 wattore. Impiegando invece uno degli speciali riscaldatori (di cui a fig. 10 e 11) il rendimento sale al 92 : 95 per cento, cioè per far bollire un litro d'acqua saranno sufficienti *106 wattore soltanto.*

E supponendo che il prezzo dell'energia elettrica per riscaldamento sia pari a quello per forza motrice, cioè di 12 cent. per KWO, il costo per portare un litro d'acqua all'ebollizione sarebbe di centesimi 1.3 circa!

Digitized by Google

N. 39.

COMMEMORAZIONE

dell'Ingegnere Cav. GIUSEPPE KAISER

*letta dall'*Ing. **F. GENTILI** *nella seduta del 1° dicembre della Sezione di Roma*

Per quanto dolorosa, per quanto immatura, non fu purtroppo sorprendente la recente perdita dell'ing. Kaiser. Agli amici, ai conoscenti era noto infatti che da lungo tempo egli lottava con serenità, ma senza speranza, contro quel male terribile che ne aveva affievolito la voce, ma non la bella intelligenza e l'attività, e che doveva trarlo alla tomba a soli quarantadue anni. Ma in tutti quanti avevano avuto occasione di avvicinarlo, sia pure una volta, fu vivo e profondo il rimpianto per la sua fine, poichè in Giuseppe Kaiser la simpatia fisica era come il riflesso veritiero di una squisita bontà d'animo e delle più rare doti di mente.

Nato a Vienna nel 1862 da Edoardo, pittore, e da Fanny Neumann, venne, bambino, con la famiglia in Italia, ove il padre era incaricato d'importanti lavori nell'Italia Centrale per conto di una Società artistica inglese; e qui a Roma Giuseppe Kaiser iniziò e compì tutti i suoi studi. Ancora giovinetto, egli ebbe a dar prova di una forza di carattere e di una gentilezza d'animo non cumuni, poichè, in seguito a rovesci finanziari da cui fu colpita la sua famiglia, seppe con abnegazione adattarsi, per sostenere la madre e la sorella, a dare ripetizioni e a fare traduzioni, pur continuando ne' suoi studi, ove riportava brillanti successi. Alla nostra Scuola degl'ingegneri, dove si laureò, fu, ancora studente, assistente del prof. Favero; appena laureato ingegnere, fu impiegato dell'ing. Allievi ai lavori delle ferrovie secondarie romane, che erano allora in costruzione. Data da quell'epoca un suo progetto, tecnicamente assai interessante, di ferrovia metropolitana sotterranea per Roma, che meriterebbe di essere ponderatamente esaminato e pubblicato.

Ultimata la ferrovia suaccennata, fu assunto quale direttore dei lavori del porto di Livorno, ove egli perciò risiedette parecchi anni, e dove conobbe quella eletta signora Maria, figlia del senatore Luigi Orlando, che doveva poi essere la sua degna compagna, ed ora ne

Digitized by Google

piange inconsolabile la dipartita. Nel 1893 ebbe dalla Banca Generale la direzione dell'Impresa Industriale Italiana di costruzioni metalliche, con opificio a Castellammare di Stabia, al posto dell'ingegnere Kossuth, e nei pochi mesi che precedettero la liquidazione dell'Impresa, dovuta al fallimento della Banca, si compierono sotto il Kaiser importanti costruzioni, specialmente di ponti ferroviari in Egitto, dei quali particolarmente notevoli quelli di Benha e Kasr-Zayat. Nel 1894 si fece cittadino italiano, come già italiano era nato e cresciuto di mente e di cuore. Nel 1896, mentre egli continuava ad occuparsi della liquidazione della detta Impresa, il commendatore Pouchain lo chiamò a dirigere la Società delle Forze Idrauliche, e nel 1899 assunse i lavori del Tramway elettrico di Terni e del canale dell'Aniene. Poco dopo, purtroppo, si manifestarono in lui i primi segni del male che due mesi or sono, lo spense, malgrado le cure instancabili di cui la moglie lo circondò con affetto infinito, malgrado la sua fibra fortissima, malgrado la vita di sacrificio e di rinuncia che egli seppe imporsi per conservarsi alla famiglia.

Fu non solo un tecnico valentissimo, ma un uomo di grande coltura; il suo spirito era aperto a tutte le manifestazioni del bello naturale ed artistico, e tali e tante doti intellettuali si fondevano in lui a renderne il praticarlo e il conversare con lui sommamente gradevole. Ma sopra a tutto ciò, oso dire, eccelleva in Giuseppe Kaiser la naturale gentilezza dell'animo, la rara bontà del cuore. Il giovanotto che nella notte di Casamicciola si gettò temerario tra le macerie cadenti, e salvò a molti la vita mettendo a pericolo la sua e meritando la medaglia al valor civile, fu poi uomo, nei rapporti sociali, amabilissimo, fu marito e padre modello, che fra i suoi bimbi e i suoi fiori attingeva conforto e nuova lena al lavoro.

Alla memoria di questo nostro collega, tanto bravo quanto buono, rendiamo commossi un tributo di omaggio affettuoso, e inviamo un saluto reverente alla vedova, perchè nell'unanime rimpianto degli amici trovi qualche conforto a tanto dolore.

Digitized by Google

CONSIGLIO GENERALE

PRESIDENZA

(1903-1905)

Presidente: Prof. MOISÈ ASCOLI - Roma.
Vice-Presidenti: Prof. LUIGI LOMBARDI - Napoli.
Prof. GUIDO GRASSI - Torino.
Prof. LUIGI ZUNINI - Milano.
Segretario Generale: Ing. RICCARDO SALVADORI - Roma.
Cassiere: Ing. ORESTE LATTES - Roma.

CONSIGLIERI RAPPRESENTANTI LE SEZIONI

per il 1904

Bologna: Ing. ENRICO CAIRO - Ing. ALFREDO DONATI; **Firenze:** Ing. ERNESTO CORSINI - Ing. ATTILIO RAMPOLDI; **Genova:** Ing. GIUSEPPE CRISTOFORIS - Ing. CARLO PIAGGIO; **Milano:** Ing. LUIGI CAURO - Ing. DOMENICO CIVITA - Ing. EMILIO DE STRENS - Ing. GIUSEPPE GADDA - Ing. ALESSANDRO PANZARASA - Ing. ALESSANDRO SCOTTI; **Napoli:** Ing. CAMILLO ALBINO CURTI - Ing. AUGUSTO GALIMBERTI (Società Ferrovie del Vomero) - Ing. GUIDO SARTI; **Padova:** Prof. FERDINANDO LORI - Ing. GASTONE TREVES DE' BONFILI; **Palermo:** Prof. DAMIANO MACALUSO; **Roma:** Ing. EMILIO COSTA - Ing. FEDERICO GENTILI - Dott. RICCARDO MANZETTI - Ing. GIUSEPPE REVESSI; **Torino:** Ing. EMILIO DE BENEDETTI - Ing. cap. nob. CARLO DE SAUTEIRON DE ST.-CLÉMENT - Ing. EMILIO OLIVA - Ing. RAFFAELE PINNA.

Presidenti antecedenti:

Prof. Galileo Ferraris (dal 27 dicembre 1896 al 7 febbraio 1897).
Prof. Giuseppe Colombo (1897-99).
Prof. Guido Grassi (1900-1902).

Digitized by Google

Digitized by Google

STATUTO

ART. 1. — È costituita una Società intitolata " Associazione Elettrotecnica Italiana, „ con decorrenza dal 1° gennaio 1897 e senza limitazione di termine.

ART. 2. — L'associazione ha per scopo:

d'incoraggiare e divulgare in Italia lo studio dell'elettrotecnica, e di contribuire al suo sviluppo scientifico ed industriale;

di stabilire e mantenere fra tutti gli electrotecnici italiani relazioni amichevoli e continue;

di facilitare loro la conoscenza dei lavori d'ogni genere, invenzioni, scoperte, esperienze, ecc., che si facessero anche all'estero;

di accordare ai soci il proprio appoggio morale nell'esercizio della propria industria o professione.

ART. 3. — L'Associazione resterà assolutamente estranea a qualsiasi impresa commerciale e industriale.

ART. 4. — L'Associazione potrà comprendere un numero indeterminato di Sezioni, con sedi nelle principali città d'Italia. Le Sezioni non potranno essere formate con meno di 20 soci.

Sarà sede centrale dell'Associazione quella della Sezione a cui appartiene il presidente.

ART. 5. — L'Associazione si compone di:

a) soci individuali effettivi;

b) soci collettivi effettivi;

c) soci studenti;

d) soci onorari esteri.

I soci di cui ai paragrafi *a*, *b* e *c* possono essere residenti e non residenti rispetto alle singole Sezioni.

ART. 6. — Possono essere soci individuali effettivi coloro che in Italia od all'estero si interessano di elettrotecnica.

Possono essere soci collettivi le Società, le Corporazioni scientifiche, le Imprese industriali, le Amministrazioni pubbliche, ecc., sì italiane che

Digitized by Google

estere. Tali soci collettivi sono rappresentati alle adunanze ed assemblee da un solo delegato.

Possono essere soci studenti gli iscritti negli Istituti superiori del Regno.

I soci studenti di fronte alla sede centrale hanno i diritti stessi degli effettivi, salvo il voto e le pubblicazioni; di fronte alle Sezioni i loro diritti saranno stabiliti dal regolamento delle Sezioni stesse.

Art. 7. — L'ammissione dei soci individuali, collettivi e studenti è fatta dai Consigli delle singole Sezioni a cui è avanzata domanda controfirmata da due soci effettivi. Avvenuta l'ammissione, il Consiglio ne darà comunicazione alla sede centrale per la definitiva iscrizione ed all'assemblea della Sezione nella prima adunanza.

L'ammissione dei soci onorari esteri dev'essere fatta dall'assemblea generale, riportando la maggioranza di almeno due terzi dei presenti.

Art. 8. — I soci individuali, collettivi e studenti sono tenuti ad osservare, oltre agli obblighi dipendenti dallo statuto, le deliberazioni prese in assemblea generale, e dovranno contribuire nelle spese dell'Associazione pagando una quota annua che verrà stabilita dalle singole Sezioni.

La quota dei soci studenti non potrà superare la metà di quella degli individuali effettivi.

Ogni Sezione verserà alla cassa della sede centrale L. 10 per ogni socio individuale effettivo e L. 20 per ogni socio collettivo.

Nessun versamento sarà fatto dalle Sezioni per i soci studenti.

Art. 9. — I soci che non intendessero più far parte dell'Associazione devono darne diffidamento per lettera raccomandata alla Presidenza della propria Sezione con preavviso di tre mesi; e questa dovrà darne comunicazione alla sede centrale.

Non è valida la diffida di un socio il quale non abbia fatto fronte ai propri impegni.

L'eventuale espulsione di un socio non potrà essere pronunziata che dall'assemblea generale, su proposta del Consiglio direttivo della propria Sezione, a maggioranza dei due terzi dei votanti e con un numero di voti almeno uguale alla metà più uno del numero dei soci inscritti nella Sezione.

Art. 10. — Ogni Sezione è retta da un Consiglio direttivo nominato dai soci di essa e costituito da:

un presidente;
un vicepresidente;
un segretario;
un cassiere:
due consiglieri per Sezione con un numero di soci non maggiore di 50;
quattro consiglieri per Sezione con un numero di soci fra 51 e 100;
sei consiglieri per Sezione con un numero di soci fra 101 e più.

Digitized by Google

Art. 11. — L'Associazione sarà amministrata da un Consiglio generale così composto:

un presidente;
un vicepresidente;
un segretario generale;
un cassiere;
consiglieri rappresentanti le singole Sezioni.

Ogni Sezione nomina, a maggioranza di voti, un consigliere ogni 50 soci o frazione di 50 soci, regolarmente ad essa inscritti all'epoca della votazione.

I consiglieri di ogni Sezione al Consiglio generale si rinnovano annualmente per metà, o per il numero intero immediatamente superiore, se essi sono in numero dispari e non sono immediatamente rieleggibili.

Un consigliere, in quanto vi sia autorizzato per lettera, può disporre anche dei voti dei consiglieri assenti della Sezione da lui rappresentata.

Il presidente ed i tre vicepresidenti sono nominati complessivamente con votazioni fatte in ciascuna Sezione.

I singoli voti dei soci nelle Sezioni, riuniti dalla sede centrale, costituiranno la votazione generale. — L'elezione avverrà a maggioranza dei votanti.

Il presidente, il segretario generale ed il cassiere devono appartenere ad una medesima Sezione. La nomina del segretario generale e del cassiere avverrà dopo la proclamazione del presidente, e sarà fatta collo stesso procedimento.

Il presidente, i tre vicepresidenti, il segretario generale, il cassiere durano in carica tre anni e non sono immediatamente rieleggibili alla medesima carica.

Le votazioni delle singole Sezioni per le cariche del Consiglio generale dovranno aver luogo prima della fine d'ogni anno, con norme a fissarsi dal regolamento.

Art. 12. — Il Consiglio generale deve convocare in via ordinaria una volta all'anno, entro il mese di settembre o di ottobre, in assemblea generale, tutti i soci con avviso scritto spedito a domicilio almeno quindici giorni prima, colle indicazioni del luogo, del giorno, dell'ora di riunione.

Tale avviso dovrà contenere l'ordine del giorno.

Art. 13. — L'assemblea generale potrà pure essere convocata in via straordinaria — e colle stesse modalità — ove ciò sia giudicato opportuno dal Consiglio generale, oppure quando ne sia stata fatta alla Presidenza espressa domanda da almeno due Sezioni o da cento soci.

Art. 14. — L'assemblea generale sarà presieduta dal presidente dell'Associazione, ed in sua vece da uno dei vicepresidenti, e fungerà da

Digitized by Google

segretario il segretario generale dell'Associazione, ed in sua assenza un consigliere nominato dal presidente dell'assemblea. Il presidente nominerà due scrutatori scelti fra i soci presenti.

ART. 15. — Il Consiglio generale presenterà ad ogni assemblea generale ordinaria una Relazione annuale sulla propria gestione, comprendente anche un preventivo per l'esercizio seguente.

La Relazione ed i conti del Consiglio saranno riveduti da due revisori nominati annualmente dall'assemblea generale ordinaria all'infuori dei membri del Consiglio stesso; questi revisori, che avranno libera visione della contabilità, dovranno presentare all'assemblea generale la loro Relazione scritta.

ART. 16. — Le deliberazioni dell'assemblea generale saranno sempre prese a maggioranza di voti dei presenti, e saranno valide qualunque sia il numero degl'intervenuti, salvo i casi previsti dagli articoli 22 e 23.

ART. 17. — Hanno diritto al voto tutti i soci effettivi presenti; ma nessun socio individuale potrà farsi rappresentare da altro socio. Ha diritto a due voti chi, oltre ad essere socio individuale, è delegato di un socio collettivo.

ART. 18. — L'assemblea procederà alla nomina dei revisori di cui all'art. 15, e quindi alle deliberazioni in merito ad eventuali proposte del Consiglio, discussioni tecniche, visite ad impianti, ecc.

ART. 19. — Spetta al Consiglio generale:

a) di autorizzare la formazione delle Sezioni;

b) di deliberare sulle istanze, proposte e reclami delle medesime;

c) di prendere di sua iniziativa quelle determinazioni e di promuovere quei provvedimenti che reputerà necessari per contribuire allo sviluppo delle applicazioni elettriche;

d) di dare esecuzione alle deliberazioni votate dall'assemblea generale o cumulativamente dalle Sezioni;

e) di riferire all'assemblea stessa (art. 15) circa la propria gestione in tutto ciò che potrà interessare l'Associazione;

f) di vigilare sull'osservanza delle prescrizioni del presente statuto;

g) di disporre dei fondi sociali per gli scopi prefissi;

h) di curare la pubblicazione degli *Atti dell'Associazione,* da farsi almeno una volta all'anno e da distribuirsi gratuitamente a tutti i soci.

ART. 20. — I Consigli delle Sezioni hanno la competenza delle Amministrazioni delle Sezioni stesse.

Essi stabiliscono le riunioni e le assemblee dei soci delle Sezioni e compilano le Relazioni delle discussioni tecniche che avvengono nelle riunioni suddette. Queste Relazioni devono essere trasmesse alla sede centrale, affinchè il Consiglio generale possa, se lo crede utile, sia trattarle nelle assemblee generali, sia pubblicarle negli *Atti dell'Associazione.* Un regolamento approvato dall'assemblea generale disciplinerà i rapporti delle Sezioni colla sede centrale.

Digitized by Google

Ogni Sezione formerà un proprio regolamento interno approvato dai propri soci.

ART. 21. — Tutti i soci effettivi riceveranno indistintamente una tessera unica rilasciata dalla sede centrale, che darà diritto di frequentare la sede di qualsiasi Sezione, e di assistere alle adunanze, senza diritto di voto, in una Sezione che non sia la propria.

ART. 22. — Le proposte di modificazioni allo statuto saranno messe in votazione quando siano presentate dall'assemblea generale, o dal Consiglio generale, o da almeno 50 soci collettivamente.

La votazione dovrà essere fatta nelle Sezioni, con norme da fissarsi dal regolamento.

Le modificazioni dello statuto non saranno valide se non otterranno l'approvazione dei due terzi del numero complessivo dei votanti in tutte le Sezioni.

ART. 23. — Lo scioglimento eventuale dell'Associazione, le modalità della liquidazione e l'assegno delle attività dovranno essere deliberate con maggioranza dei due terzi dei voti dei soci inscritti; nel caso che non si potesse raggiungere tale maggioranza, verrà indetta una seconda votazione, per la quale sarà sufficiente la maggioranza assoluta dei votanti.

ART. 24. — Anche per alcune proposte, per le quali non è richiesta dallo statuto la votazione fatta nelle singole Sezioni, la Presidenza, anzichè portarle all'assemblea generale, potrà indire le votazioni in ciascuna Sezione, con norme da fissarsi dal regolamento. L'esito della votazione sarà il complessivo di quello delle Sezioni.

Votato nell'assemblea generale il 25 settembre 1898 in Torino, e modificato con votazione 15 giugno 1904.

Digitized by Google

Digitized by Google

SEZIONE DI BOLOGNA

(14, via Galliera)

CONSIGLIO DIRETTIVO.

Presidente: Donati cav. dott. prof. Luigi.
Vicepresidente: Lanino ing. Pietro.
Segretario: Maccaferri ing. Umberto.
Cassiere: Lanino ing. Barnaba.
Consiglieri: Canevazzi cav. prof. Silvio; Marieni ing. Salvatore; Rinaldi cav. ing. Rinaldo; Silva cav. ing. Angelo.
Consiglieri delegati alla Sede Centrale: Cairo cav. uff. ing. Enrico; Donati ing. Alfredo.

SOCI INDIVIDUALI.

Amaduzzi dott. Lavoro, Istituto di Fisica, R. Università, Bologna.
Barattini ing. Alberto, via Barbaziana, 17, Bologna.
Benetti comm. prof. Jacopo, via Santo Stefano, 38, Bologna.
Bianchi cap. Torello, 2° reggimento Genio, Bologna.
Bonetti Luigi, via Guerrazzi, 15, Bologna.
Boriani cav. ing. Francesco, Ufficio di Edilità ed Arte, Bologna.
Cairo ing. cav. uff. Enrico, Palazzo Pizzardi, Bologna.
Calzolari ing. Giorgio, R. Ispettore Ferrovie, via Nazionale, 124, Roma.
Calzoni ing. Adolfo, fuori Porta Galliera, 721, Bologna.
Canevazzi cav. prof. Silvio, via Farini, 6, Bologna.
Cavalieri Ducati cav. ing. Antonio, Piazza Nettuno, 2, Bologna.
Cricca ing. Pier Felice, R. Genio Civile, Bologna.
Dalla Noce ing. Antonio, via Imperiale, 1, Bologna.
De Benedetti cav. Domenico, Ispettorato Telegrafi, Parma.
Diana ing. Ernesto, Brà.
Donati ing. Alfredo, via San Stefano, 1, Bologna.
Donati cav. dott. prof. Luigi, via San Stefano, 86, Bologna.

Digitized by Google

Fabbri ing. Alberto, Ispettore Officina Gas, Bologna.
Farolfi ing. Aldo, via Sant'Isaia, 39, Bologna.
Gaglio Giovanni, Direttore tecnico dei Telegrafi. Ufficio Centrale telegrafo, Bologna.
Gaiani ing. Augusto, via San Petronio Vecchio, 6, Bologna.
Gallotti cav. Giuseppe, via Galliera, 12, Bologna.
Gasperini cav. ing. Cleto, via Castiglione, 30, Bologna.
Goria ing. Rocco Agostino, Ispettore Ferrovie, Ancona.
Gorrieri ing. prof. Domenico, via Zamboni, 34, Bologna.
Greppi ing. Luigi, Palazzo Pizzardi, Bologna.
Gullini ing. Arrigo, Ispettore Ferr. Rete Adriatica, Foggia.
Jachia Vittorio, Ufficio dei Telegrafi, Bologna.
Jannuzzi ing. Carmelindo, Ditta Ganz, Forlì.
Jona ing. Mario, Laboratorio Pirotecnico, Bologna.
Kitt ing. Gaspare, via Galliera, 12, Bologna.
Landini ing. cav. Giuseppe, Direttore Tram. Bologna-Vignola, Bologna.
Lanino ing. Barnaba, via Poggiale, 19, Bologna.
Lanino ing. Pietro, fuori Porta Santo Stefano, 43, Bologna.
Loliini ing. Riccardo, Ispettore Principale R. A., Palazzo Pizzardi, Bologna.
Maccaferri ing. Umberto, via Aurelio Saffi, 26, Bologna.
Marieni ing. Salvatore, Palazzo Pizzardi, Bologna.
Martinotti Tenente Piero, 2° Artigl. Camp., Pesaro.
Masetti-Zannini ing. Antonio, via Nosadella, 45, Bologna.
Minghetti cav. Silvio, frazione San Giuseppe, 551, Bologna.
Morosini ing. Giovanni, via Farini, 2, Bologna.
Morselli ing. Goffredo, via Carbonesi, 12, Bologna.
Novi ing. Michelangelo, Ispettore Ferrovie Meridionali, Bologna.
Olper Leone, via Indipendenza, 29, Bologna.
Pacilli ing. Emidio, Stazione ferroviaria, Lecco.
Peretti ing. Manfredo, Ditta Siemens, via Indipendenza, 36, Bologna.
Raffi ing. Pasquale, via Alemanni, 1, Bologna.
Ramponi cav. ing. Pietro, via Imperiale, 10, Bologna.
Raseri cav. ing. Medardo, via Indipendenza, 56, Bologna.
Rinaldi cav. ing. Rinaldo, Palazzo Pizzardi, Bologna.
Rizzoli ing. Luigi, di Giovanni, via Santo Stefano, 130, Bologna.
Rizzoli ing. Gustavo, Assistente di Elettrotecnica nella R. Scuola degli Ingegneri, Bologna.
Sebastiani ing. Adolfo, Società di Elettricità già Cruto, Bologna.
Selli ing. Tito, fuori Porta San Vitale, 495, Bologna.
Silva cav. ing. Angelo, Parma.
Tornani ing. Emanuele, piazza Calderini, 1, Bologna.
Treves ing. Jacopo, via Val d'Aposa, 13, Bologna.
Vimercati cav. ing. Alessandro, Capo Sez. Ferr. Rete Adriatica, Roma.
Zecca cav. ing. Orazio, via Saragozza, 71, Bologna.

Digitized by Google

SOCI COLLETTIVI.

Società Strade Ferrate Meridionali R. A., Bologna.
Società per lo sviluppo delle Imprese elettriche in Italia, Impianto di Bologna, via Galliera, 12, Bologna.
Società Parmense di elettricità, Parma.

SOCI STUDENTI.

Calzolari Leonello, frazione San Giuseppe, 37, Bologna.
Dalprato Luigi, via Mazzini, 48, Bologna.
Fusconi Polibio, via Orto Botanico, 9, Bologna.
Gilardi Vittorio, frazione San Giuseppe, 289, Bologna.
Magnanini Giorgio, via Indipendenza, 67, Bologna.
Magrini Silvio, via Galliera, 6, Bologna.
Nocelli Leonida, via Mazzini, 90, Bologna.
Puppini Umberto, via Ugo Bassi, 9, Bologna.
Stramezzi Giuseppe, via d'Azeglio, 57, Bologna.
Tabarroni Ildebrando, Frazione San Giuseppe, 289, Bologna.

SEZIONE DI FIRENZE

(10, via dei Benci, p. p.)

CONSIGLIO DIRETTIVO.

Presidente: Pasqualini prof. Luigi.
Vicepresidente: Santarelli ing. Giorgio.
Segretario: Picchi ing. Alberto.
Cassiere: Rampoldi ing. Attilio.
Consiglieri: Bazzi prof. Eugenio; Molfino ing. Pietro; Vimercati professor Guido; Spallicci ing. Domenico.
Consiglieri delegati alla Sede Centrale: Rampoldi ing. Attilio; Corsini ing. Ernesto.

Digitized by Google

SOCI INDIVIDUALI.

Abbatecola Livio, elettricista Ufficio Tecnico di Finanza, Firenze.
Amari ing. Michele, Via dei Renai, Firenze.
Ambrosano ing. Edoardo, viale Principe Eugenio, 20, Firenze.
Bagnoli Ugo, Direttore delle Miniere, Orbetello.
Bazzi prof. Eugenio, R. Istituto Tecnico, Firenze.
Bibolini ing. Vittorio, via Zanobi, 4, Firenze.
Bizzarri Guido, via Sant'Egidio, 10, Firenze.
Bocciarelli ing. Piero, viale Margherita, 19, Firenze.
Boglione ing. Carlo, Tramways di Torino.
Caissotti di Chiusano ing. Carlo, Officina Galileo, Firenze.
Cambi Alfonso, via del Limbo, Firenze.
Castelfranco ing. Guido, via dell'Oche, 17, Firenze.
Chiari ing. Cesare, via Pellicceria, 6, Firenze.
Cini Giovanni Cosimo, industriale, piazza d'Azeglio, 19, Firenze.
Colombi ing. Carlo, via Argentina, 47, Roma.
Cominotti ing. Angelo, via Pecori, 6, Firenze.
Conti ing. Antonio, via Santa Caterina, 8, Firenze.
Corsini ing. Ernesto, via del Prato, 40, Firenze.
Corticelli Carlo, Cetona (Siena).
Dauphiné ing. Mario, piazza Indipendenza, 12, Firenze.
De Goracuchi cav. Fiorenzo, via Alfieri, 6, Firenze.
De Marinis Giovanni, capo officina Tramways Fiorentini.
Desanti ing. Amerigo, Società Anonima di Elettricità, Bologna.
Di Somma tenente Vincenzo, via del Prato 30 A Firenze.
Dunn dott. William, via Tornabuoni, 9, Firenze.
Fano prof. cav. Giulio, viale P. Eugenio, 11, Firenze.
Farina on. cav. Emilio, viale Macchiavelli, 19, Firenze.
Frilli de la Morte Alfredo, via Nazionale, 5, Firenze.
Funaioli ing. Ugo, via Giotto, 10, Firenze.
Gregory Smith G., Villa bel riposo, S. Domenico, Firenze.
Lenci cav. ing. Giuseppe, via Ricasoli, 19, Firenze.
Magini Giuseppe, Montepulciano (Siena).
Marchi Guglielmo, elettricista, Piazza del Duomo, 18, Firenze.
Mariani cav. Guido, direttore locale Telegrafi, Firenze.
Martinez ing. Giulio, Officina Galileo, Firenze.
Martini ing. Guido, piazza Beccaria, 5, Firenze.
Minuti Florenzio, via Vecchietti, 4, Firenze.
Molfino ing. Pietro, Via Pecori, 6, Firenze.
Mondolfi ing. Alberto, Centrale Elettrica, viale Carlo Alberto, Firenze.
Niccolini prof. ing. Ferruccio, via Cavallotti, 2, Pisa.
Niccolini marchese Giorgio, via Scialoia, 19, Firenze.

Digitized by Google

Pacinotti prof. Antonio, Pisa.
Papini Carlo, industriale, via Nazionale, 4, Firenze.
Pasqualini prof. Luigi, Via Masaccio, 77, Firenze.
Petrilli Augusto, via Brunelleschi, Firenze.
Pflaumer ing. Fritz, Società Toscana Imprese Elettriche, Firenze.
Piacani ing. Eugenio, Tramvie Elettriche, Livorno.
Picchi ing. Alberto, via Pandolfini, 26, Firenze.
Pietrini ten. Pio Massimo, 19° Reggimento Artiglieria, Firenze.
Pozzolini ing. Luigi, piazza Santo Spirito, 10, Firenze.
Rambaldini ing. Giovanni, Monselice.
Rampoldi ing. Attilio, piazza d'Azeglio, 15, Firenze.
Remondini Rodolfo, piazza Vittorio Emanuele, 5, Firenze.
Ricci dott. Francesco, R. Istituto Tecnico, Firenze.
Roiti prof. Antonio, R. Istituto di Studi Superiori, Firenze.
Roster ing. Alighiero, piazza Davanzati, 2, Firenze.
Santarelli ing. Giorgio, via Giotto, 10, Firenze.
Scarpa prof. Oscarre, R. Istituto di Studi Superiori, Firenze.
Segni dott. Ubaldo, Direttore della Ferriera di San Giovanni in Valdarno.
Sizia cav. ing. Francesco, R. Ispettorato Ferr., Circolo di Firenze.
Spallicci ing. Domenico, Tramways Fiorentini, Firenze.
Tarchiani ing. Vittorio, via Strozzi, 1, Firenze.
Tolomei ing. Mario, Ufficio Tecnico Provinciale di Firenze.
Triulzi Paolo, via Centostelle, 56, Firenze.
Verità Attilio, via Cento Stelle, 63, Firenze.
Vimercati conte prof. Guido, Lungarno Zecca, 2, Firenze.
Vivoli ing. Giovanni, Ufficio tecnico di finanza, Foggia.

SOCI COLLETTIVI.

Direzione Tramways Fiorentini, viale Militare, 87, Firenze.
La Fondiaria, Compagnia d'assicurazione contro l'incendio, Piazza Vittorio Emanuele, 6, Firenze.
Società Telefoni Italia Centrale, via Vecchietti, Firenze.
Scuola professionale Leonardo da Vinci, via della Scala 18 A, Firenze.
Società Toscana Imprese Elettriche, piazza Davanzati, 2, Firenze.

Digitized by Google

SEZIONE DI GENOVA

(*Via David Chiossone, 7*)

CONSIGLIO DIRETTIVO.

Presidente: Rumi prof. ing. Sereno Antonio.
Vicepresidente: Reggio march. ing. Giacomo.
Segretario: Anfossi ing. Giovanni.
Cassiere: Audisio cav. Saverio.
Consiglieri: Appelius ing. Carlo; Dossmann cav. ing. Gustavo; Galliano ing. Salvatore; Sertorio ing. Domenico.
Consiglieri delegati alla Sede Centrale: Cristoforis ing. Giuseppe; Piaggio ing. Carlo;

SOCI INDIVIDUALI.

Ammirato ing. Giuseppe, piazza San Luca, n. 8, Genova.
Anfossi ing. Giovanni, via Bertani, 2, Genova.
Appelius ing. Carlo, O. E. G., via del Campo, Genova.
Audisio Gino, via Polleri, 6, Genova.
Audisio cav. uff. Saverio, via Balbi, 2, Genova.
Balbi ing. Luigi, Ufficio LL. PP., Municipio, Genova.
Biacchi ing. Lorenzo, Società Esercizio Bacini, Genova.
Bigio cav. uff. Antonio, via Balbi, 2, Genova.
Boccardo ing. Edoardo, via Celesia, Rivarolo (Ligure).
Bocciardo ing. Arturo, via Canevari, 39, Genova.
Bonanni ing. Cornelio, via Sant'Ugo, 5-9, Genova.
Bruzzo ing. Maurizio, Cornigliano (Ligure).
Buffa ing. Mario, via Ponte Reale, 2, Genova.
Capellini Vittorio, via Balbi, 2, Genova.
Carli Carlo, via Santi Giacomo e Filippo, 19, Genova.
Cattaneo march. ing. Gioacchino, via Assarotti, 5-1, Genova.
Cavallaro ing. Salvatore, via XX Settembre, 6, Genova.
Celle ing. Giuseppe, via Galata, 26, Genova.
Cristoforis ing. Giuseppe, corso Ugo Bassi, 26, Genova.
Cuneo prof. Nicolò, Officina Elettrica Camogli-Recco, Rapallo.
Dinaro prof. Salvatore, Scuola Arti e Mestieri, Genova.
Dossmann cav. ing. Gustavo, corso Ugo Bassi, 26, Genova.
Finocchietti ing. Ettore, via San Luca, 12-9, Genova.
Fonseca ing. Henry, via Caffaro, 3, Genova.

Digitized by Google

Fossati ing. Giovanni, via Cairoli, 15, Genova.
Gaggia ing. Achille, Stabilimento Elettrotecnico G. Ansaldo Armstrong e C., Cornigliano (Ligure).
Galliano ing. Salvatore, vico Tintori, 1, Genova.
Garibaldi ing. prof. Cesare, Regia Scuola Superiore Navale, Genova.
Gibelli ing. Raffaele, via Serra, 2, Genova.
Gippini cap. Ernesto, piazza San Matteo, 19-12, Genova.
Gnecco Eugenio, industriale, via San Giorgio, 2-13, Genova.
Königsheim Sigmund, via del Campo O. E. G., Genova.
Massa Giuseppe, Municipio di Genova.
Mensi Fabio, Galleria Mazzini, Genova.
Mingarelli Augusto, Società Bergamasca Elettricità, Bergamo.
Moltini Pietro, Salita Santa Maria di Castello, 1, Genova.
Oliva ing. Silvio, via Bernardine, 26, Genova.
Omodei dott. prof. Domenico, via San Luca, 2-8, Genova.
Piaggio ing. Carlo, piazza Nunziata, 18, Genova.
Piva ing. Giuseppe, corso Ugo Bassi, 26, Genova.
Reggio march. ing. Giacomo, via Galata, Genova.
Risso Luigi, piazza Scuole Pie, Genova.
Robbo ing. Guido, corso Ugo Bassi, 26, Genova.
Rodocanachi ing. Demetrio, Galleria Mazzini, Genova.
Rossi Giuseppe, via Santa Chiara, 2-9, Genova.
Rumi ing. prof. Sereno A., via San Luca, 3-B, Genova.
Schenone Giovanni, via Casaregis, 42-2, Genova.
Sciutto Giulio, armatore, via Santa Croce, 9-3, Genova.
Sertorio ing. Domenico, via San Luca, 3-B, Genova.
Tarditi ing. Achille, Genova, (Posta, casella n. 67).
Thoma cav. dott. ing. Max, O. E. G., via del Campo, Genova.
Timosci cav. uff. ing. Luigi, Salita Santa Caterina, 8, Genova.
Valle ing. Rinaldo, Ditta Alimonda e Burgo, Verzuolo (Cuneo).

SOCI COLLETTIVI.

Collegio degl'Ingegneri Navali e Meccanici in Italia, via David Chiossone, 7, Genova.
Ditta Alimonda e Burgo, via XX Settembre, Genova.
Ditta Attilio Pozzo, piazza Fossatello, Genova.
Officine Elettriche Genovesi, via del Campo, Genova.
Società dell'Acquedotto De-Ferrari Galliera, via Balbi, 2, Genova.
Società Esercizio Bacini, Genova.
Società Italiana Telefoni, vico Tintori, 1, Genova.
Unione Italiana Tramways Elettrici, via Bobbio, 28, Genova.

Digitized by Google

SEZIONE DI MILANO

(Via San Paolo, 10)

CONSIGLIO DIRETTIVO.

Presidente: Bertini ing. Angelo.
Vicepresidente: Motta ing Giacinto.
Segretario: Semenza ing. Guido.
Cassiere: Bianchi ing. Angelo.
Consiglieri: Ancona prof. Ugo; Arcioni ing. Vittorio; Cirla ing. Ernesto; Grassi prof. Francesco; Jona ing. Emanuele; Magrini ing. Luigi.
Consiglieri delegati alla Sede Centrale: Cauro ing. Luigi; Civita ing. Domenico; De Strens ing. Emilio; Gadda ing. Giuseppe; Panzarasa ingegnere Alessandro; Scotti ing. Alessandro.

SOCI INDIVIDUALI.

Adami ing. Albano, Bastia di Rovolon (Padova).
Almagià ing. Edoardo, Alessandria (Egitto).
Amman comm. dott. Edoardo, via Oriani, 8, Milano.
Anelli ing. Ferdinando, Desenzano sul Lago (Brescia).
Ancona ing. prof. Ugo, via Dante, 14, Milano.
Apostoli ing. Silvio, S. Canciano, 6053, Venezia.
Arcellaschi Leonardo, via per Torno, 54, Como.
Arcioni ing. Vittorio, Corso Buenos Ayres, 1, Milano.
Arnaboldi ing. Antonio, via Unione, 35, Como.
Arnò prof. Riccardo, via Quintino Sella, 3, Milano.
Azari ing. Mario, via Pontaccio, 12, Milano.
Banzatti Giuseppe, via Montebello, 30, Milano.
Barbagelata ing. Angelo, via Annunciata, 9, Milano.
Barberis ing. Giovanni, via Romagnosi, 1, Milano.
Barassi ing. Vittorio, via Brera, 3, Milano.
Barni ing. Edoardo, Officina elettrica, Brescia.
Barzanò ing. Carlo, via Sant'Andrea, 6, Milano.
Bas ing. Enrico, via Principe Umberto, 17, Milano.
Bassi Rinaldo, via Giovanni Gherardini, 3, Milano.
Bassoli ing. Carlo, via Omenoni, 2, Milano.
Bergamini ing. Guido, via Felice Casati, 1, Milano.

Digitized by Google

Bertini ing. Angelo, via Guastalla, 11-A, Milano.
Besostri ing. Piero, via Morigi, 5, Milano.
Bianchi ing. Angelo, via Solferino, 1, Milano.
Bignami Enrico, Circonvallazione, 104, Lugano.
Bisutti ing. Ugo, via Statuto, 23, Milano.
Blanc cav. Henry, via Leopardi, 27, Milano.
Bogni ing. Malacchia, via Manin, 48, Treviso.
Boilleau ing. U. Gauldrée, corso Venezia, 82, Milano.
Bonomi ing. cav. Gaetano, via Gesù, 12, Milano.
Borella ing. Luigi, Intra.
Boselli ing. Luigi, via Moscova, 18, Milano.
Bracco ing. Giambattista, Foro Bonaparte, 45, Milano.
Breda ing. cav. uff. Ernesto, via Bordoni, 9, Milano.
Brioschi ing. Franco, Foro Bonaparte, 21, Milano.
Brison Henry, Chemin de la Poterie, 20, Genève (Suisse).
Brown C. E. L., Römerbürg, Baden (Suisse).
Bruni ing. Paolo, via Principe Umberto, 27, Milano.
Buschetti ing. Claudio, via Jacopo da Diacceto, 2, Firenze.
Calderini ing. cav. Ampelio, via L. Palazzi, 10, Milano.
Campos ing. Gino, Stabilimento C. Olivetti, via Broggi, 6, Milano.
Canali ing. Archimede, Direttore Società Monzese di elettricità, via Vittorio Emanuele, 5, Monza.
Cappelli Marco, via Gorani, 4, Milano.
Caprotti Bernardo, Ponte d'Albiate.
Carcano ing. Francesco, Società Edison, Milano.
Castoldi Enrico, Senna Lodigiano.
Castoldi ing. Marco, via Sant'Agnese, 6, Milano.
Cauro ing. Luigi, via San Vincenzino, 16, Milano.
Ceni avv. Antonio, via Andegari, 15, Milano.
Centurione ing. march. Carlo, via Santi Filippo e Giacomo, 19, Genova.
Cirla ing. Ernesto, via Andegari, 18, Milano.
Civita ing. Domenico, Alpignano (Torino).
Clerici ing. Carlo, via Monforte, 48, Milano.
Clerici ing. Giampietro, via Gabrio Casati, 2, Milano.
Colabich ing. Pietro, tenente di vascello, via Umberto I, 4, Padova.
Colombo senatore ing. prof. Giuseppe, via Monte Napoleone, 22, Milano.
Colorni ing. Alberto, piazza San Giovanni in Conca, 2, Milano.
Coltri ing. Carlo, Salò (Brescia).
Columbo ing. L. Vincenzo, via Pergolese, 11, Milano.
Comboni ing. Giuseppe, via Andrea Appiani, 1, Milano.
Comi ing. Felice, via Sassetti, 6, Milano.
Conti ing. Ettore, via Cappuccio, 14, Milano.
Corte ing. Enrico, Vacuum Oil Co., piazza Demarini, Genova.
Croci ing. Alfredo, piazza Castello, 23, Milano.

Digitized by Google

Cuénod ing. Hermann, rue Diday, 12, Genève (Suisse).
Daina ing. Giulio, direttore Società Produzione e Distribuzione Energia Elettrica di Pordenone.
Danioni ing. cav. Filippo, San Marco, 386, Venezia.
De Andreis ing. Luigi, via A. Volta, 19, Milano.
De Angeli comm. sen. Ernesto, corso Vercelli, 135, Milano.
De Asarta ing. conte Vittorio, Fraforeano (Udine).
De Benedetti ing. Angelo, via Berchet, 2, Milano.
Decio ing. Giulio, via Sant'Agnese, 5, Milano.
De Filippi rag. Carlo, via Lodi, 9, Vicenza.
De La Peña ing. Luis, via Olozaga, 13, Madrid.
Del Grosso Luigi, via Petrarca, 20, Milano.
Della Riccia dott. ing. cav. Angelo, 116, rue des deux Eglises (S. J. t. n.), Bruxelles.
Denti ing. Eugenio, viale Umberto, 4, Milano.
Dessy ing. Flavio, Tornavento (Lonate Pozzolo, Milano).
De Strens ing. Emilio, via Aurelio Saffi, 12, Milano.
De Vleeschauver ing. Gastone, via Quadronno, 43, Milano.
Diara cav. Vittorio, via Bettino Ricasoli, 2, Milano.
Donadio ing. Enrico, via Villafranca, 2, Roma.
Egger A. Edoardo, via Meravigli, 2, Milano.
Emanueli ing. Leopoldo, via Ponte Seveso, 19, Milano.
Esterle ing. Carlo, via Paleocapa, 2, Milano.
Faccioli ing. Giuseppe, 1537, Madison Avenue, New-York City (U. S. A.).
Faccio ing. Gustavo, Vaprio d'Adda.
Fadini ing. Carmelo, corso Venezia, 61, Milano.
Fano ing. Giacomo, via Agnello, 8, Milano.
Fasanotto ing. Giuseppe, piazza Mercato, 3, Rovereto.
Ferrari ing. Alfonso, Gallarate.
Ferrario ing. cav. Costantino, via Unione, 29, Como.
Finzi ing. Vittore, via Monte Napoleone, 7, Milano.
Finzi dott. Giorgio, Via Manin, 13, Milano.
Fogliani ing. Gianluigi, via Ausonio, 10, Milano.
Foltzer Emilio, Rivarolo Ligure.
Forti ing. Angelo, via dei Piatti, 4, Milano.
Foresti ing. Augusto, via Cavour, 11, Biella.
Foscarini ing. Adolfo, via Manzoni, 39, Milano.
Franceschini ing. Muzio Scevola, via Vittor Hugo, 2, Milano.
Frigerio ing. Carlo, via Cavour, 82, Roma.
Fumero ing. Ernesto, via Vittor Hugo, 4, Milano.
Gadda ing. Giuseppe, piazza Castello, 20, Milano.
Galli ing. Gaetano, corso Vittorio Emanuele, 30, Milano.
Gatta ing. Dino, Ivrea.
Gavazzi Adolfo, via Giuseppe Sirtori, 6, Milano.

Digitized by Google

Geiger ing. Arminio, via A. Manzoni, 23, Milano.
Gentile ing. Marco Tullio, via Solferino, 7, Milano.
Gianetti ing. Luigi, via S. Sisto, 5, Milano.
Gianfranceschi ing. Vittorio, via Solferino, 11, Milano.
Giordano ing. Giuseppe, Fiume.
Giorgetti ing. Gian Teodoro, via Leopardi, 7, Milano.
Giovanola ing. Pietro, via Tasso, 7, Milano.
Giussani ing. Antonio, piazza Roma, 7, Como.
Giussani Tommaso, Stabilimento Camona, Sesto San Giovanni.
Grassi prof. Francesco, via Bossi, 2, Milano,
Guzzi ing. Palamede, corso Buenos Ayres, 54, Milano.
Hess Lodovico, via Fatebenefratelli, 15, Milano.
Hoepli comm. dott. Ulrico, Galleria De Cristoforis, 59-63, Milano.
Jarach Federico, tenente di vascello, via Vincenzo Monti, 23-A, Milano.
Jona ing. Emanuele, via Principe Amedeo, 5, Milano.
La Porta ing. Andrea, viale Monforte, 21, Milano.
Lavatelli ing. Carlo Alberto, Foro Bonaparte, 67, Milano.
Lecoultre ing. Ernesto, via Principe Umberto, 17, Milano.
Lerco Roberto Ditta Lerco, Vincent & C., via Estramurale Modugno, Bari.
Lieb J. W. Junior, New-York Edison Company, Duane Street, 55, New-York city.
Locatelli ing. Giuseppe, via Sant'Eufemia, 23, Milano.
Longhi ing. Carlo, via Orefici, 2, Milano.
Loverde ing. Niccolò, via Dante, 18, Milano.
Luraschi ing. Arnaldo, via Moscova, 10, Milano.
Luzzati ing. Riccardo, Direttore Società "La Prealpina„, Varese.
Magatti ing. Emilio, corso Concordia, 5, Milano.
Magrini dott. ing. Franco, piazzale Stazione Centrale, 3 Milano.
Magrini ing. Luigi, viale Monforte, 28, Milano.
Maifreni Francesco, Adria (Rovigo).
Manara ing. Manarino, via Vincenzo Monti, 24, Milano.
Maroni ing. Guido, via del Telefono, 19, Cairo (Egitto).
Marzoli ing. Urbano, corso Porta Nuova, 24, Milano.
Mascarini ing. Giovanni, via S. Orsola, 7, Milano.
Massone tenente Filippo, Sarno (Napoli).
Mathieu Ferdinando, via Monte Napoleone, 18, Milano.
Mauro ing. Francesco, Navy Jard, Charleston S. C. (Stati Uniti).
Merizzi ing. Giacomo, via Principe Umberto, 27, Milano.
Merlini ing. Gerolamo, corso Vittoria, 28, Milano.
Merrone ing. Salvatore, Waisenhausquai, 9, Zurigo
Mina ing. prof. Carlo, via Moscova, 16, Milano.
Mochi Adolfo, corso Porta Nuova, 36, Milano.
Molteni ing. Luigi Guglielmo, viale Venezia, 4, Milano.
Monti ing. Carlo, corso Porta Nuova, 36, Milano.

Digitized by Google

Monticelli ing. Carlo, via Lazzaro Spallanzani, 9, Pavia.
Montecorboli ing. Piero, via San Prospero, 1, Milano.
Motta ing. Giacinto, via San Primo, 2, Milano.
Nathan ing. Adolfo, via Bigli, 15, Milano.
Negri ing. Rinaldo, via Agnello, 6, Milano.
Neuhaus Guglielmo, via Vincenzo Monti, 47, Milano.
Nicolini ing. Eugenio, Rue de la Chaussée d'Antin, 57, Paris (France).
Nobili ing. Dino, via Garibaldi, 15, Ivrea.
Olivetti ing. Camillo, via Donizzetti, 33, Milano.
Orefici ing. Giuseppe, via Grazie, 6, Brescia.
Ortona ing. Angelo, Società Casalese Elettricità, Casale Monferrato.
Oss ing. Domenico, Trento.
Pagan ing. Mario, corso Buenos Ayres, 14, Milano.
Pagnoni Ernesto, Vaprio d'Adda.
Palandri ing. Flavio, via dei Crociferi, 23, Roma.
Pandiani ing. cav. Enrico, via Boccaccio, 23, Milano.
Panzarasa ing. Alessandro, Foro Bonaparte, 42, Milano.
Pesenti ing. Guido, via Ermete Novelli, Bergamo.
Piazza Francesco, via San Marco, 48, Milano.
Pirelli comm. ing. G. B., Ponte Seveso, 19, Milano.
Pisani cav. Adolfo, via Bonaventura Cavalieri, 4, Milano.
Pitter ing. Antonio, Società Forze Idrauliche del Veneto, Venezia.
Poggi Gaetano, via Prione, 45, Spezia.
Polatti ing. prof. Francesco, piazza Quadrio, 12, Sondrio.
Pontecorvo ing. Lello, Ganz & C., Lecco.
Pontiggia ing. cav. Luigi, Foro Bonaparte, 61, Milano.
Pontremoli ing. Giuseppe, via Dante, 7, Milano.
Ponzio ing. prof. Giuseppe, corso Venezia, 42, Milano.
Pozzi ing. Giovanni, via dei Cattaneo, 8, Novara.
Prato Previde ing. Roberto, corso Carlo Alberto, 35, Novara.
Putato Eugenio, Officina Elettrica, Vizzola (Milano).
Quarena ing. Giovanni, Gavardo (Brescia).
Rancati Arnaldo, via Tortona, 20, Milano.
Rebora ing. Gino, viale Venezia, 12, Milano.
Redaelli ing. Pietro, Ditta Fratelli Redaelli, Lecco.
Regondi ing. Ignazio, Cordusio, 8, Milano.
Reinach Ernesto, via Lario, 90, Milano.
Reinacher ing. Gustavo, Arezzo (Toscana).
Ricci ing. Alessandro, Mortara.
Ricciardi ing. Filippo, via Ugo Foscolo, 3, Milano.
Rocchini ing. Silvio, via Robolini, 5, Pavia.
Roncaldier ing. Aldo, B. C. Club, Baden (Suisse).
Rossato ing. Vittorio, via Pergolese 11, Milano.

Digitized by Google

Rossi ing. Francesco, Reggente l'Ufficio Tecnico di Milano della Accumulatoren Werke E. Schulz di Witten, via Vittor Pisani, 7, Milano.
Rossi Giacomo, via Principe Amedeo, 11, Milano.
Rossi Luigi, piazza Paolo Ferrari, 8, Milano.
Roullier Carlo, via Quadronno, 41-43, Milano.
Russi ing. Ugo, Gorizia (Austria).
Sacerdote ing. Adolfo, via Boccaccio, 23, Milano.
Sacerdote ing. Secondo, Foro Bonaparte, 54, Milano.
Saldini ing. prof. Cesare, piazza San Giovanni in Conca, 2, Milano.
Salmoiraghi ing. comm. Angelo, via San Siro, 9, Milano.
Santoro ing. Filippo, via Giulini, 1, Milano.
Sartori ing. prof. Giuseppe, via Michelangelo, 699, Trieste.
Schalk van d. Ermanno, Via Monte di Pietà, 11. Milano.
Scandiani ing. Angelo, vicolo Rovello, 4, Milano.
Scarzanella ing. G. V., via San Vincenzino, 14, Milano.
Scoppola T. Virginio, via Lazzaro Palazzi, 15, Milano.
Scotti ing. cav. uff. Alessandro, via Paleocapa, 4, Milano.
Scotti Foglieni Giuseppe, via Foglieni, 21, Solza (Bergamo).
Semenza ing. Guido, via Paleocapa 4, Milano.
Sioli-Legnani ing. Steno, via San Dalmazio, 3, Milano.
Sodano ing. Carlo, Società Italiana Lahmeyer di Elettricità, Ufficio tecnico di Camerino, Camerino.
Soldati dott. Nicola, via Buonarotti, 37, Milano,
Somaini cav. Francesco, Lomazzo.
Soncini ing. Gino, via Garibaldi, 45, Lodi.
Sospizio Enrico, Officina del Gas, Trieste.
Sossich ing. Antonio, via Brera, 11, Milano.
Steiner ing. Oscar, Corso Venezia, 74, Milano.
Stiepel Riccardo, via Amedei, 11, Milano.
Stigler ing. Augusto, via Galileo Galilei, 45, Milano.
Stucchi ing. Luigi, via Amedei, 8, Milano.
Sturani ing. Enrico, via Quintino Sella, 4, Milano.
Tagliabue Romeo, costruttore presso la Ditta Brown Boveri e C., Baden (Svizzera).
Tarlarini ing. cav. Carlo, corso Vercelli, 135, Milano.
Taverna ing. Cesare, piazza Castello, 9, Milano.
Thompson Silvanus P., Morland, Chislett Road West Hampstead N. W., London.
Torchio ing. Filippo, New-York Edison Company, Duane Street, 55, New-York.
Trona ing. cav. Vittorio, viale Venezia, 30, Milano.
Usigli dott. cav. Arnoldo, Cordusio, 2, Milano.
Valentini Ernesto, via Donizzetti, 28, Milano.
Vanossi ing. Lorenzo, piazza Mazzini, 5, Como.

Digitized by Google

Vannotti ing. Ernesto, Via Montebello, 39, Milano.
Viglia ing. Ettore, Società delle Tramvie e Ferrovie Elettriche di Roma, Via d'Azeglio, 24, Roma.
Vinca cav. Giovanni, Ispettore principale dei telegrafi, Capo della Stazione di Milano, Sottopassaggio Santa Margherita, Milano.
Vitale ing. Maurizio, via Spiga, 24, Milano.
Weil Edoardo, via Vincenzo Monti, 4, Milano.
Zannoni ing. Vittorio, Castelfranco Veneto (Treviso).
Zorzoli ing. Marcello, via dei Cattaneo, 9, Novara.
Zunini ing. cav. uff. prof. Luigi, Foro Bonaparte, 49, Milano.

SOCI COLLETTIVI.

A. E. G. Società An. di Elettricità, via Santi Giacomo e Filippo, 19, Genova.
L'Agognetta, via Depretis, 9, Voghera.
Associazione fra Esercenti Imprese Elettriche, via Tommaso Grossi, 2, Milano.
Associazione Tramviaria Italiana, viale porta Romana, 40, Milano.
Bianchi, Muggiani Sutermeister (Ditta), Intra.
Blackwell Robert W. (Ditta), via Dante, 12, Milano.
Borghi Pasquale e Fratelli, via Moscova, 12, Milano.
Buseck M. & J., già Schroeder & C., corso Genova, 30, Milano.
Compagnia Thomson-Houston del Mediterraneo, piazza Castello, 5, Milano.
Crespi Benigno, via Borgonuovo, 18, Milano.
Fraschini, Porta & C., Brescia.
Frua, Banfi & C., Legnano.
Gadda & C., via Castiglia, 21, Milano.
Galimberti G. B. e figli, Osnago.
Hartmann e Braun, Foro Bonaparte, 54, Milano.
Hensemberger Giovanni, via Principe Umberto, 26, Milano.
Istituto professionale Omar, Novara.
Linificio e Canapificio Nazionale, via Bigli, 10, Milano.
Lazzar & Marcon, Treviso.
Massoni e Moroni, Fabbrica di Cinghie, via Bergamo, 10, Milano.
" Monitore Tecnico „ (Giornale illustrato), piazza Carmine, 4, Milano.
Municipio di Milano, Palazzo Marino, Milano.
Officina comunale Gas ed Energia Elettrica, Como.
Officine G. Galatti, piazza Poste, 2, Trieste.
Officine di Sesto San Giovanni, Camona, Giussani, Turrinelli & C., Succursale di Milano, Sezione Esercizio vetture elettriche, via Spontini, 5, Milano.
Pirelli & C., via Ponte Seveso, 21, Milano.
Riva ing. A., Monneret & C., via C. Correnti, 5, Milano.

Digitized by Google

Siry, Lizars & C., viale porta Lodovica, 21-23, Milano.
Scuola Industriale Alessandro Rossi, Vicenza.
Società Anonima di Costruzioni Elettriche, Brioschi, Finzi e C., via Castiglia, 21, Milano.
Società Anonima Brown, Boveri & C., Baden (Suisse).
Società Italiana di Elettricità Siemens-Schuckert, via Vittor Hugo, 2, Milano.
Società Anonima J. J. Rieter & C., via Monte Pietà, 24, Milano.
Società Bergamasca per distribuzione di Energia Elettrica, viale Stazione, 24, Bergamo.
Società Ceramica Richard-Ginori, San Cristoforo, Milano.
Società Elettrica Comense A. Volta, piazza Volta, 9, Como.
Società Generale Italiana Edison di Elettricità, via Tommaso Grossi, 2, Milano.
Società Ferrovie del Mediterraneo, Palazzo Litta, Milano.
Società Italiana per l'Industria dei Tessuti stampati, già E. De Angeli & C., corso Vercelli, 135, Milano.
Società Incoraggiamento Arti e Mestieri, via Santa Marta, 18, Milano
Società Monzese di Elettricità, Monza.
Società Lombarda per Distribuzione di Energia Elettrica, via Principe Umberto, 17, Milano.
Società Ind. Elettrochimica di Pont St-Martin, via T. Grossi, 10, Milano.
Società Nazionale per Industrie ed Imprese Elettriche, via T. Grossi, 10, Milano.
Società Italiana Lahmeyer di Elettricità, via Meravigli, 2, Milano.
Società Italiana Langen e Wolf, via per Cresenzago, 160, Milano.
Società Pavese di Elettricità A. Volta, via Mazzini, 4, Pavia.
Società per lo sviluppo delle Imprese Elettriche in Italia, via Romagnosi, 1, Milano.
Società Telefonica per l'Alta Italia, via Orefici, 15 (Palazzo della Borsa), Milano.
Società per la Trazione Elettrica sulle Ferrovie, via T. Grossi, 10, Milano.
Société Anonyme Westinghouse, Le Havre.
Tecnomasio Italiano, Brown Boveri, via Pace, 10, Milano.
Tosi Franco, via Vittorio Emanuele, 28, Legnano.
Unione Telefonica Lombarda, via Sant'Orsola, 1, Milano.
Wegmann, Huber & C., Società Italiana Oerlikon, via Principe Umberto, 17, Milano.
Welke e Vigo, Cordusio, 8, Milano.

Digitized by Google

SEZIONE DI NAPOLI

(*Regia Scuola di Applicazione degli Ingegneri*)

CONSIGLIO DIRETTIVO.

Presidente: Lombardi prof. ing. Luigi.
Vicepresidente: Boubée comm. prof. F. C. Paolo.
Segretario: De Biase ing. Luigi.
Cassiere: Sannia ing. Ernesto.
Consiglieri: Bonghi cav. ing. Mario; Bruno comm. prof. Gaetano; Curti ing. Camillo Albino; De Cristoforo ing. Giorgio; Fano ing. Guido; Galimberti ing. Augusto (Società Ferrovie del Vomero).
Consiglieri delegati alla Sede Centrale: Curti ing. Camillo Albino; Galimberti ing. Augusto (Società Ferrovie del Vomero); Sarti ing. Guido.

SOCI INDIVIDUALI.

Acquaviva Coppola ing. G. A., 4ª Traversa Partenope, palazzo proprio, Napoli.
Algranate Giuseppe, Industriale, via Calabritto, 20, Napoli.
Allocati ing. Nicola, via Cesare Rossaroll, 69, Napoli.
Amato ing. Tito, corso Garibaldi, 57, Napoli.
Amicarelli ing. cav. Francesco, Fermo.
Ariola tenente Luigi, 24° Reggimento Artiglieria, Napoli.
Bardini ing. Filippo, viale Principessa Elena, 5, Napoli.
Basevi ing. Augusto, via XX Settembre, 1, Padova.
Beato ing. Alfonso, via Giovanni Bausan, 60, Napoli.
Benevento ing. Francesco, via Pace, 7, Napoli.
Berner ing. Guglielmo, Piedimonte d'Alife.
Bonghi cav. ing. Mario, parco Regina Margherita, 5, Napoli.
Borgström ing. Carlo, 3ª Traversa Partenope, 2, Napoli.
Boubée comm. prof. Francesco Paolo, Galleria Umberto I, Napoli.
Breglia ing. Ernesto, Trinità degli Spagnuoli, 31, Napoli.
Bruno prof. comm. Gaetano, via Mariano d'Ayala, 14, Napoli.
Calvello ing. Francesco, via Egiziaca a Pizzofalcone, 87, Napoli.
Caneva ing. Aristide, Società Sud Italia di Elettricità, Napoli.
Cappa ing. Giuseppe, piazzetta San Gennaro a Materdei, 11, Napoli.

Digitized by Google

Capuano cav. Maurizio, Amministratore Delegato della Società Meridionale di Elettricità, via Marina, Napoli.
Carelli ing. Alfonso, ponte di Chiaia, 103, Napoli.
Carrelli cav. Giovanni, Società Napoletana Imprese Elettriche, Piazza Municipio, 11, Napoli.
Cassitto ing. Umberto, via Carminiello, 29, Napoli.
Cattori comm. Michelangelo, Castellammare di Stabia.
Cohn cav. Samo, Società Napoletana Imprese Elettriche, Piazza Municipio, 11, Napoli.
Coppola ing. Mario di Ciro, Portici (Napoli).
Costa ing. prof. Gregorio, via Tribunali, 194, Napoli.
Curti ing. Camillo Albino, piazza della Borsa, 33, Napoli.
Dalmedico ing. Gustavo, Società Napoletana Imprese Elettriche, Piazza Municipio, 11, Napoli.
De Angelis ing. Roberto, Tramways Provinciali, Porta Capuana, Napoli,
De Biase ing. Luigi, piazza Depretis, 14, Napoli.
De Cristofaro cav. ing. Giorgio, vico dei Sospiri, 12, Napoli.
De La Grennelais ing. Annibale, strada Nuova a Pizzofalcone, 8, Napoli.
De Nicola ing. Gaetano, vico 2° Montecalvario, 2, Napoli.
De Petra ing. Pietro, Casoli (Chieti).
De Seras ing. Mattia, via Cairoli, 92, Napoli.
D'Orso ing. Gustavo, Largo Vittoria, 287, Napoli.
Falcone Guido, rappresentante A. E. G., piazza della Borsa, 29-30, Napoli.
Fano ing. Guido, Società Napoletana Imprese Elettriche, piazza Municipio, 11, Napoli.
Faruffini ing. M. G., Ingegnere capo del Genio Navale, Parco Regina Margherita, 23, Napoli.
Ferrari ing. Carlo, via Guglielmo Sanfelice, 33, Napoli.
Ferrara prof. Luigi, R. Scuola Applicazione Ingegneri, Napoli.
Finelli ing. Francesco, via Rettifilo, 118, Napoli.
Flora ing. Daniele, via Nicola Rocco, 74, Napoli.
Foà ing. Icilio, via San Carlo, 9 *bis*, Napoli.
Fredin ing. Carlo, piazza Depretis, 14, Napoli.
Galli ing. Eugenio, via Ventaglieri, 9, Napoli.
Garelli prof. dott. Felice, R. Scuola Applicazione Ingegneri, Napoli.
Gaulis ing. Alfredo, Società Meridionale di Elettricità, via Marina, Napoli.
Giudice ing. Francesco, Via Chiaia, 63, Napoli.
Giuliani ing. Giuseppe, via Figurella Montecalvario, 39, Napoli.
Grillo ing. Nicola, vico Sant'Anna dei Lombardi, 14, Napoli.
Guggenheimer ing. Fritz, Rappresentante della Union E. G., Corso Umberto I, 228, Napoli.
Hirsch cav. Emilio, viale Principessa Elena, 14, Napoli.
Kernot ing. Arturo, via San Giuseppe, 21, Napoli.
Lamont ing. Joung, corso Vittorio Emanuele, Castle Lamont, Napoli.

Digitized by Google

Leone dott. Vittorio, corso Re d'Italia, 7, Napoli.
Liguori ing. Pirro, Sant'Aspreno, 13, Napoli.
Lo Cascio Giuseppe, Galleria Umberto I, Napoli.
Lodolo ing. Alberto, Società Napoletana, Imprese Elettriche, Direzione Impianti Pugliesi, Bari.
Lombardi prof. Luigi, Santa Lucia a Mare, 9, Napoli.
Maglione ing. Gerolamo, largo Mondragone, 3, Napoli.
Maiuri ing. Guido, via Toledo, 380, Napoli.
Malvolti ing. Vincenzo, via Indipendenza, 10, Napoli.
Mannajuolo ing. Giuseppe, Galleria Umberto I, 50, Napoli.
Martorelli cav. ing. Pietro, piazza dei Martiri, 58, Napoli.
Martorelli ing. Eugenio, viale Elena, 12, Napoli.
Mastrangelo ing. Vincenzo, A. E. G., piazza della Borsa, 29 30, Napoli.
Mastrostefano ing. Domenico, Società Napoletana Imprese Elettriche, Terlizzi (Bari).
Melazzo ing. Giovanni, corso Vittorio Emanuele, 661, Napoli.
Melisurgo cav. ing. Guglielmo, via Carbonara, 20, Napoli.
Milone dott. prof. Francesco, Cisterna dell'Olio, 18, Napoli.
Minozzi ing. Achille, via Mergellina, 206, Napoli.
Montù ing. cav. uff. Carlo, via Caracciolo, 16, Napoli.
Morelli ing. Gino, via San Carlo alle Mortelle, 7, Napoli.
Padrone ing. Gennaro, Ingegnere di 1ª classe nel Genio Navale, Riviera di Chiaia, 171, Napoli.
Parlato ing. Alessandro, via Tarsia, 23, Napoli.
Perna ing. Alberto, via Sapienza, 18, Napoli.
Pinto comm. prof Luigi, Santa Lucia a Mare, 92, Napoli.
Pinto ing. Roberto, Largo S. Antonio a Tarsia, 28, Napoli.
Pizzuti ing. Michele, Officina elettrica, piazzale Porta di Massa, Napoli.
Pozzi ing. Francesco, Società Napoletana Imprese Elettriche, piazza Municipio, 11, Napoli.
Ragno ing. Saverio, via Indipendenza, 10, Napoli.
Ricco ing. Alfredo, Salerno.
Rispoli ing. Francesco, via San Giuseppe dei Nudi, 25, Napoli.
Saggese ing. Achille, via Roma, 12, Napoli.
Salvati ing Michele, corso Vittorio Emanuele, 211, Napoli.
Sannia ing. Ernesto, salita Tarsia, 4, Napoli.
Sarti ing. Guido, Santa Maria la Nova, 19, Napoli.
Segre ing. Ulderico, San Giuseppe, 24, Napoli.
Semmola prof. cav. uff. Eugenio, Trinità Maggiore, 12, Napoli.
Siracusa ing. comm. Carmine, Amministratore Delegato Società Napoletana Imprese Elettriche, Piazza Municipio, 11, Napoli.
Sgobbo prof. Francesco, Via Roma, 389, Napoli.
Speranza ing. Luigi, Piccola Floridiana al Vomero, Napoli.
Tajani ing. Adolfo, Corso Umberto I, 75, Napoli.

Digitized by Google

Tajani ing. Giuseppe, Vietri sul Mare.
Tanturri ing. Guido, Posillipo, Palazzo Sarno, Napoli.
Utili Giuseppe, elettricista, Calata San Marco, 13, Napoli.
Vismara ing. Emerico, Santa Lucia a Mare, 9, Napoli.
Vitali ing. Vittore, Gerente Officina Elettrica, Potenza.
Zainy cav. Gustavo, via Egiziaca a Pizzofalcone, 4, Napoli.

SOCI COLLETTIVI.

Società Anonima delle Ferrovie del Vomero, Vomero, Stazione Montesanto, Napoli.
Società Generale d'Illuminazione, via Marina, Napoli.
Società Generale di Applicazioni Elettriche, piazza della Borsa, Napoli.
Società Meridionale di Industrie Elettriche ed Idrauliche, corso Re d'Italia, 22, Napoli.
Società Meridionale di Elettricità, Via Marina, Napoli.
Società Napoletana Imprese Elettriche, piazza Municipio, 11, Napoli.
Società Tramvie di Capodimonte, Napoli.
Società dei Tramways Napoletani, Torretta, Napoli.
Società dei Trams Provinciali, Stazione Porta Capuana, Napoli.

SOCI STUDENTI.

Bruno Stefano fu Luigi, via Materdei, 55, Napoli.
Del Nunzio Giuseppe, via Monte di Dio, 74, Napoli.
Di Nola Guido, Via Sergente Maggiore, 51, Napoli.
Franzi Enrico Giovanni, via Concezione Montecalvario, 42, Napoli.
Giorgi Gualtiero, vico 2° San Tommaso d'Aquino, 15, Napoli.
Magnani Enrico, via Pignasecca, 15, Napoli.
Nascia Alfredo, via Pizzofalcone, 44 (Archivio Militare), Napoli.
Rocco Giovanni, Parco Grifeo, Napoli.
Vallauri Riccardo, Santa Lucia a Mare, 9, Napoli.

Digitized by Google

SEZIONE DI PADOVA

(*Regia Scuola di Applicazione degli Ingegneri*)

CONSIGLIO DIRETTIVO.

Presidente: Lori prof. Ferdinando.
Vicepresidente: Corinaldi ing. conte Amedeo.
Segretario: Bigaglia ing. Lorenzo.
Cassiere: Turazza prof. Giacinto.
Consiglieri: Biagini ing. Augusto; Montagnini ing. Emanuele; Moschini ing. Alessandro; Veronese prof. Giuseppe.
Consiglieri delegati alla Sede Centrale: Lori prof. Ferdinando; Treves de' Bonfili ing. Gastone.

SOCI INDIVIDUALI.

Alpago dott. Romano, via Dante, 20, Padova.
Bellati conte cav. prof. Manfredo, via Cesarotti, 14, Padova.
Belloni ing. Ernesto, Calmaggiore, Treviso.
Belloni ing. Roberto, via del Santo, 6. Padova.
Bernardi conte cav. prof. Enrico, via Porciglia, 14, Padova.
Biagini ing. Augusto, San Moisè, 1463, Venezia.
Bigaglia ing. Lorenzo, via San Pietro, 37, Padova.
Brillo nob. ing. Antonio, via Concariola, Padova.
Calzavara capitano Vittorio, San Lio, Calle della Nave, 5681, Venezia.
Carazzolo ing. Giuseppe, Piazzetta Teatro Garibaldi, Padova.
Cardin Fontana ing. Augusto, via Treppo, 35, Udine.
Castelli prof. Enrico, via San Pietro, 68, Padova.
Cattaneo ing. Giulio, via A. Gabelli, 26, Padova.
Cazzola Arturo, via Euganea, 4, Padova.
Chemin-Palma ing. G. B, via Luca Belludi, 24, Padova.
Colombo ing. Attilio, R. Liceo, Cuneo.
Coppadoro dott. Guido, via dei Zabarella, 49, Padova.
Corinaldi conte ing. Amedeo, Eremitani, Padova.
Croce ing. Alessandro, S. M. Formosa, 5221, Venezia.
Dal Ferro ing. Francesco, Bassanello, 164-A, Padova.
Damiani Rinaldo, Castello, 3695, Venezia.
De Andrea Italo, via B. Pellegrino, 30, Padova.

Digitized by Google

Del Prà ing. cav. Antonio, Portogruaro (Venezia).
Del Valle ing. Giorgio, Corso V. E., 33, Padova.
De Stefani ing. Stefano, via Leoncino, 10, Verona.
Ercego Ilario, via Contarine, 1, Padova.
Finazzi dott. Luigi, Regia Scuola d'Applicaz. per gl'Ingegneri, Padova.
Gnesotto dott. ing. Tullio, via San Clemente, 4, Padova.
Levi-Civita prof. Tullio, via Altinate, 14, Padova.
Lori ing. prof. Ferdinando, via Beato Gregorio Barbarigo, 43-A, Padova.
Maggiora Demetrio, via Carmini, 3, Padova.
Marcon Guido, via Gallo, 7, Treviso.
Maschietto ing. Pietro, Campo SS. Filippo e Giacomo, Venezia.
Melli Ernesto, Mira-Porte (Venezia).
Menini Attilio, via Euganea, 4, Padova.
Milani ing. cav. Paolo, San Pietro Incarnario, 3, Verona.
Milani ing. Remo, via San Silvestro, Vicenza.
Mior dott. Augusto, via A. Gritti, 1, Padova.
Montagnini ing. Emanuele, via 8 Febbraio, 4, Padova.
Montan ing. Luigi, via Garibaldi, 27, Padova.
Moresco rag. Arturo, via Belzoni, 18, Padova.
Moschini ing. Alessandro, via Teatro Verdi, Padova.
Nasini prof. comm. Raffaello, R. Università, Padova.
Pellizzari Rainieri dott. Ferruccio, Calle Furlani, Venezia.
Polcenigo conte ing. Giuseppe, San Polo, 2368, Venezia.
Rossi prof. Luigi Vittorio, San Pietro, 33, Padova.
Silvestri ing. Antonio, via Garibaldi, 22, Padova.
Treves de' Bonfili bar. ing. Gastone, via Ospitale, 14, Padova.
Turazza prof. Giacinto, Santa Sofia, 43, Padova.
Valduga ing. Ugo, Società Ital. Forze Idr. Ven., San Maurizio, Venezia.
Veronese prof. cav. Giuseppe, senatore, via Santa Sofia, 17, Padova.
Vicentini prof. cav. Giuseppe, Istituto di Fisica (Università), Padova.
Voghera ing. Simeone, via dei Zabarella, 8, Padova.

SOCI COLLETTIVI.

Ing. Biso, Rossi e C., Fondamenta Osmarin, Venezia.
R. Scuola d'Applicaz. per gl'Ingegneri, via Giotto, Padova.
Società d'Incoraggiamento, via 8 Febbraio, Padova.

Digitized by Google

SEZIONE DI PALERMO

(*Via Macqueda, 175*)

CONSIGLIO DIRETTIVO.

Presidente: Pagliani prof. cav. Stefano.
Vicepresidente: Ottone cav. ing. Giuseppe.
Segretario: Buttafarri ing. Gaetano.
Cassiere: Agnello ing. Francesco.
Consiglieri: Di Simone ing. cav. Guglielmo; Corbino prof. Orso Mario.
Consigliere delegato alla Sede Centrale: Macaluso prof. comm. Damiano.

SOCI INDIVIDUALI.

Agnello ing. Francesco, via Divisi, 105, Palermo.
Agnello ing. Giacinto, piazza Marina, 18, Palermo.
Ardito ing. Stefano, via Ricasoli, 24, Palermo
Badenberg ing. Gustavo, via Principe Belmonte, 10, Palermo.
Basile ing. comm. Ernesto, via Villafranca, 46, Palermo.
Begotti ing. Giovanni, via Villarosa, 26, Palermo.
Bergmann ing. Emanuele, Direttore Miniera Trabonella, Imera (Caltanissetta).
Bianchi ing. comm. Riccardo, Direzione Generale delle Ferrovie, Palermo.
Bonaccorsi ing. Eugenio, via Candelai, 91, Palermo.
Buttafarri ing. dott. Gaetano, via XX Settembre, 14, Palermo.
Cantone dott. prof. Michele. R. Università di Pavia.
Corbino dott. prof. Orso Mario, R. Università di Palermo.
Di Simone ing. cav. Guglielmo, via principe Scordia, 11, Palermo.
Dompè ing. Luigi, Direttore dell'Anglo-Sulphur, via Bara all'Olivella, Palermo.
Giachetti Angelo, Stazione elettrica, Siracusa.
Greco comm. ing. Ignazio, via Macqueda, 343, Palermo.
Grimaldi dott. prof. G. Pietro, R. Università, Catania.
Lo Forte ing. Beniamino, via Mazzoni, 41, Palermo.
Lo Presti ing. Stefano, Officina Paratore, Palermo.
Luzzatto ing. Giulio, Miniera Trabonella, Sommatino.
Macaluso ing. comm. Damiano, via Borgo, 49, Palermo.

Digitized by Google

Mastricchi prof. Felice, via Patuano, 12, Palermo.
Messina ing. magg. Gaetano, 3° Reggimento Genio, Firenze.
Ottone cav. ing. Giuseppe, via Archimede, 13, Palermo.
Ovazza prof. ing. Elia, via Cuba, 45, Palermo.
Pagliani cav. prof. dott. Stefano, piazza Ignazio Florio, 8, Palermo.
Panvini ing. Giuseppe, Direttore ufficio Tecnico Municipale di Castrogiovanni.
Paratore Giuseppe, via Sammartino, 13, Palermo.
Parenti ing. Gioachino, Strade Ferrate della Sicilia, via Maurolico, 22, Palermo.
Patti ing. Pasquale, Strade Ferrate della Sicilia, Palermo.
Pertica ing. Emanuele, via Macqueda, 57, Palermo.
Piazzoli cav. uff. ing. Emilio, via Alessandro Volta, Palermo.
Prandoni ing. Eugenio, via Castrofilippo, 16, Palermo.
Rampolla dott. Luigi, Direttore proprietario dell'impianto elettrico di Polizzi Generosa.
Seefelder comm. ing. Giorgio, via Stabile, 207, Palermo.
Tenerelli ing. Vincenzo, via Garibaldi, 67, Catania.
Torrente ing. cav. Giuseppe, Fonderia Oretea, Palermo.
Valentini ing. Valentino, via Municipio, 2, Napoli.
Verdesi cav. Bartolomeo, via Divisi, 81, Palermo.

SOCI COLLETTIVI.

Ditta I. & V. Florio, Palermo.
Società Strade Ferrate Sicilia, via Maurolico, 22, Palermo.
Società Ferrovia Sicula Occidentale Palermo-Marsala-Trapani, piazza Marina, palazzo Partanna, Palermo.
Società Sicula Tramways-Omnibus, Palermo.
Società Generale Italiana di telefoni ed applicazioni elettriche, vicolo Paternò, 1, Palermo.

Digitized by Google

SEZIONE DI ROMA

(*Corso Umberto I, 397*)

CONSIGLIO DIRETTIVO.

Presidente: Giorgi ing. Giovanni.
Vicepresidente: Majorana Calatabiano ing. dott. cav. Quirino.
Segretario: Fiorentini ing. Filippo.
Cassiere: Lattes comm. ing. Oreste.
Consiglieri: Del Buono ing. Ulisse; Dell'Oro comm. Giovanni; Di Pirro dott. Giovanni; Mengarini prof. comm. Guglielmo; Vita-Finzi ing. cap. Carlo.
Consiglieri delegati alla Sede Centrale: Costa cav. ing. Emilio; Gentili cav. ing. Federico; Manzetti dott. Riccardo; Revessi ing. Giuseppe.

SOCI INDIVIDUALI.

Acton rag. Gioacchino, Portici (Napoli).
Agnolozzi ing. Ezio, via Viminale, 38, Roma.
Alker Riccardo, Direttore Officine Elettriche, Tivoli.
Allievi ing. cav. Lorenzo, corso Vittorio Emanuele, 284, Roma.
Amoretti Bindo, Ministero della Marina, Roma.
Anastasi ing. Anastasio, Scuola Applicazione Ingegneri, Roma.
Angelini cav. Giuseppe, Direzione Telegrafi, Roma.
Apolloni Giulio Maria, via Sardegna, 49, Roma.
Arabia ing. Antonio Alberto, via Bocca di Leone, 3, Roma.
Ascoli cav. dott. prof. Moisè, Scuola Applicazione Ingegneri, Roma.
Banti prof. Angelo, Direttore dell' " Elettricista, „ via Cavour, 226, Roma.
Barducci ing. Federico, piazza d'Azeglio, 22, Firenze.
Barreca ing. dott. Pasquale, Laboratorio Elettrotecnico dell'Arsenale di Spezia. (Via Dante, 5).
Basevi comm. ing. Ettore, via Montecatini, 17, Roma.
Bassani cav. ing. Eugenio, Società Nazionale di Ferrovie e Tramvie, piazza Santi Apostoli, 49, Roma.
Battelli on. prof. Angelo, R. Università di Pisa.
Belloc ing. Luigi, via Marche, 17, Roma.
Belloro ing. Antonio Giov., via Rattazzi, 33, Roma.
Bertotti ing. Umberto, Ufficio del Genio Civile, Ferrara.

Digitized by Google

Bibolini ing. Aldo, Rue Trapée, 18, Liegi.
Bocci Carlo, ingegnere di 1ª Classe nel Genio Navale, Venezia.
Boggiano Luigi, Tenente di Vascello, via Pompeo Magno, 1, Roma.
Bortolani ing. Amilcare, via Tasso, 32, Roma.
Bortolani ing. Gaetano, Allievo Ufficiale nel 3° Reggimento Artiglieria da fortezza, Roma, via Castro Pretorio.
Brunelli cav. ing. dott. Italo, Ministero Poste e Telegrafi, Roma.
Businari ing. Ferruccio, Salita Museo, 56, Napoli.
Cammeo ing. Amerigo, via Rovello, 1, Milano.
Cancani-Montani prof. Adolfo, Ufficio Centrale di Meteorologia, via del Caravita, 7, Roma.
Candeli cav. Amos, Capo sezione al Ministero Poste e Telegrafi, Roma.
Canonica ing. Giuseppe, Genio Civile, Como.
Cantono cav. ing. Eugenio, Capitano del Genio, villa Severina, viale Parioli, 13, Roma.
Capponi cav. Alessandro, Via di Parione, 29, Roma.
Cardarelli comm. ing. Fedele, capo Divisione Ministero Poste e Telegrafi, Roma.
Castracane Federico, Tenente di Vascello, Ministero Marina, Roma.
Catani ing. Remo, Società Carburo Calcio, Terni.
Celeri ing. Ferruccio, R. Ispettorato delle Strade Ferrate, Milano.
Ceradini ing. Antonio, direttore Officina Elettrica di Porta Pia, Corso d'Italia, 134, Roma.
Cerruti ing. Mario Italo, via Mazzini, 6, Perugia.
Cesaroni ing. Cesare, via Santa Sabina, 11, Roma.
Ciampi ing. Cesare, via Governo Vecchio, 3, Roma.
Chiaraviglio ing. Dino, Dinamite Nobel, Avigliana (Torino).
Coari ing. Gino, via degli Artisti, 20, Roma.
Colombo ing. cav. Pietro, Società Telefoni, via dei Crociferi, 23, Roma.
Colombo ing. [illegible] della Merced, 37, Roma.
Cona ing. Leopoldo, R. Ispettorato delle Strade Ferrate, Verona.
Conti Vecchi ing. Guido, Via Nazionale, 96, Roma.
Coridori Paolo, Tenente di Vascello, Lungo Tevere Prati, 22, Roma.
Costa ing. Filiberto, via Carlo Alberto, 8, Sassari.
Costa cav. ing. Emilio, Piazza Poli, 14, Roma.
Crudeli ing. Umberto, via Cernaia, 51, Roma.
D'Alò ing. Gaetano, Circolo Ferroviario, Milano.
De Benedetti comm. Jacopo, via della Stamperia, 72, Roma.
De Benedetti ing. Vittorio, R. Ispettorato delle Strade Ferrate presso il Ministero dei Lavori Pubblici, Roma.
De Feo Vincenzo, Tenente di Vascello, via della Polveriera, 47, Roma.
Del Buono ing. Ulisse, piazza San Claudio, 96, Roma.
Del Moro ing. Bethel, via Salaria, 63, Roma.
Dell'Oro comm. Giovanni, via Principe Umberto, 5, Roma.

Digitized by Google

De Muro ing. Leonardo, R. Arsenale di Taranto.
De Santis Decio, via Giovanni Lanza, 119, Roma.
De Vito Eugenio, ingegnere nel R. Cantiere, Castellammare di Stabia.
Di Brazzà ing. conte Detalmo, Via Porta Pinciana, 30, Roma.
Di Fenizio ing. Claudio, Tenente di Vascello, via Cavour, 278, Roma.
Di Pirro dott. Giovanni, via Buonarroti, 39, Roma.
Dornig Mario, via Farini, 5, Roma.
Eggington cav. Alfredo, via XX Settembre, 28, Roma.
Facchini ing. Alfredo, via Balbo, 4, Roma.
Fano prof. Gino, R. Università, Torino.
Faranda ing. Alberto, Via Palermo, 55, Roma.
Favero prof. comm. G. Battista, piazza Esquilino, 5, Roma.
Ferroni-Frati ing. Giacomo, via Firenze, 43, Roma.
Fiorentini ing. Filippo, via Palermo, 12, Roma.
Franciosi ing. Gino, via Orazio, 3, Roma.
Frassetto ing. Numa Pompilio, Via Cavour, 82, Roma.
Fucci cav. ing. Giuseppe, comandante dei Vigili, Roma.
Fumanti Giulio, ingegnere di 1ª classe nel Genio Navale, R. Arsenale, Napoli.
Gambara cav. ing. Giovanni, Ispettore del Genio Civile, via Viminale, 66, Roma.
Gavotti ing. Nicolò, via Poli, 30, Roma.
Gentili ing. cav. Federico, via due Macelli, 66, Roma.
Giorgi ing. Giovanni, via Farini, 5, Roma.
Giudilli dott. cav. Francesco, Ispettore della Sezione Telegrafica di Roma.
Grazioli ing. Carlo, via Ludovisi, 4, Roma.
Helbig dott. Demetrio, Istituto Chimico della R, Università, via Panisperna, 89-B, Roma.
Hinna Danesi ing. Romolo, via Cola di Rienzo (Villino), Roma.
Janora ing. Giovanni, Ufficio Tecnico Provinciale di Potenza.
Kaiser cav. ing. Giuseppe, via San Martino al Macao, 4, Roma.
Lambarini ing. Mario, via Torino, 148, Roma.
Lattes comm. ing. Oreste, via Nazionale, 96, Roma.
Lenner ing. Raffaello, via Dante, 4, Milano.
Leonardi ing. Luigi, via Gioberti, 63, Roma.
Leti ing. Alfredo, via del Tritone, 53, Roma.
Levi ing. dott. Giorgio, Lungo Tevere Prati, 17, Roma.
Liebe Federico, Tenente di Vascello, Ministero Marina, Roma.
Livione cav. Ildebrando Luigi, Ministero delle Poste e Telegrafi, Roma.
Livizzani ing. Domenico, via Leone IV, 38, Roma.
Maffezzini Amatore, ingegnere capo del Genio Civile, Catania.
Majorana-Calatabiano, ing. dott. cav. Quirino, Istituto Fisico di Roma.
Mann ing. Carlo, Officina comunale Gas illuminante, Trieste.

Digitized by Google

Manzetti dott. Riccardo, R. Scuola degl'Ingegneri, Roma.
Manzitti ing. Camillo, via Urbana, 150, Roma.
Marantonio ing. Corrado, Oklaj (Dalmazia, Distretto di Knin).
Marchesi ing. Gaetano, via Flaminia, 6, Roma.
Marconi comm. Guglielmo, Marconi's Wireless Telegraph Company, Finch Lane, 18, London.
Mazzolani ing. Giulio, via Firenze, 47, Roma.
Memmo ing. cav. conte Riccardo, Piazza Montecitorio, 127, Roma.
Mengarini prof. comm. Guglielmo, piazza San Bernardo, 109, Roma.
Mignani ing. Riccardo, direttore Impianto Elettrico, Foligno.
Milazzo ing. Vincenzo, Ufficio Tecnico di Finanza, Caserta.
Mina Luigi, Tenente 3° Genio, Caserma Cavour, Roma.
Mirabelli dott. Enrico Mario, Ispettore dei Telegrafi, Direzione Costruzioni, piazza Poli, Roma.
Moleschott ing. Carlo, via Volturno, 58, Roma.
Netti ing. Aldo, Orvieto.
Novellis di Coarazze bar. ing. Alfonso, via Palestro, 13, Roma.
Nicastro Ugo, Tenente di Vascello, Ministero Marina, Roma.
Ojetti ing. Norberto, via Arcione, 98, Roma.
Palazzolo dott. Girolamo, via Liguria, 26, Roma.
Palopoli ing. Alfredo, via Carlo Alberto, 71, Roma.
Paoloni ing. Arturo, Fabbrica Italiana di Carburi e derivati, Foligno.
Parazzoli ing. Attilio, via Principe Amedeo, 14, Roma.
Pardo cav. Osvaldo, via dell'Archetto, 6, Roma.
Pasca ing. Riccardo, via Muratte, 70, Roma.
Penso ing. Raffaele, corso Umberto I, 337, Roma.
Perilli ing. Guglielmo, via dei Serpenti, 39, Roma.
Perotti prof. cav. Pier Luigi, piazza Esquilino, 23, Roma.
Piccinini ing. Eugenio, Direttore Impresa d'illuminazione elettrica, Macerata.
Pignotti ing. Riccardo, Società dell'Elettrocarbonium, Narni (Scalo).
Ranieri Luigi, ingegnere della Casa Escher Wyss & C., via San Nicola da Tolentino, palazzo Moroni, Roma.
Rebaudi ing. Vittorio, viale della Regina, 85, Roma.
Reggiani cav. Napoleone, salita del Grillo, 1, Roma.
Reina prof. Vincenzo, Scuola Applicazione Ingegneri, Roma.
Respighi ing. Luigi, via Panisperna, 37, Roma.
Revessi ing. Giuseppe, via Porta San Lorenzo, 8, Roma.
Rey ing. Pietro, via Principe Umberto, 46, Roma.
Rodano cav. ing. Giorgio, Ministero Poste e Telegrafi, Roma.
Rosa prof. cav. Vincenzo, via Cavour, 21, Alessandria.
Rossi ing. Attilio, corso Vittorio Emanuele, 62, Terni.
Ruffo Ant. principe della Scaletta, Monti Parioli, via Flaminia, Roma.
Sacchi ing. Guido, via d'Azeglio, 7, Ravenna.

Digitized by Google

Salvadori ing. Riccardo, Ing. capo della Società Generale Italiana di Telefoni ed Applicazioni Elettriche, via Crociferi, 23, Roma.
Salvestri Adriano, Tenente di Vascello, Ministero Marina, Roma.
Savini ing. Oscar, Società del Carburo, Terni.
Schanzer ing. Roberto, via Porta Salaria, 1, Roma.
Sella dott. prof. Alfonso, R. Istituto Fisico, Roma.
Senni-Guidotti ing. conte Paolo, via Banco Santo Spirito, 12, Roma.
Sismondo ing. Oscar, via Montebello, 6, Roma.
Solari ing. march. Luigi, Tenente di Vascello, Ministero Marina, Roma.
Sosto Pietro, vicolo Alibert, 15 (Babuino), Roma.
Stamm ing. Pier Luigi, via Palestro, 36-A, Roma.
Stracciati prof. Enrico, R. Istituto Tecnico, Roma.
Tosti ing. Luigi, R. Ispettorato Generale delle Ferrovie, Roma.
Troya dott. Ottorino, Siracusa.
Valeri ing. Olinto, via Monte della Farina, 40, Roma.
Vanni dott. prof. Giuseppe, via Panisperna, 207, Roma.
Villavecchia ing. cav. dott. Vittorio, Laboratorio Chimico Gabelle, Roma.
Vita-Finzi ing. Carlo, Capitano del Genio, via Cola di Rienzo, villino Wollemborg, Roma.
Zampetti dott. Amilcare, piazza della Libertà, 4, Roma.
Zanardo cav. G. B., via Due Macelli, 9, Roma.
Ziino ing. Sibaldo, Scuola Applicazione Ingegneri, Roma.
Zuccolini cav. Oreste, via Cola di Rienzo, 162, Roma.
Zunini ing. Giovanni, via Volturno, 22, Roma.

SOCI COLLETTIVI.

Ministero Agricoltura, Industria e Commercio, Roma.
Ministero della Marina, Roma.
Ministero dei Lavori Pubblici, Roma.
Ministero Poste e Telegrafi, Roma.
Società Anglo-Romana per illuminazione, piazza Poli, 14, Roma.
Società industriale Garuti e Pompili, Tivoli.
Società Generale Italiana di Telefoni ed Applicazioni Elettriche, via Crociferi, 23, Roma.
Società Industriale della Valnerina, Terni.
Società Italiana dei Forni Elettrici, via Due Macelli, 3 Roma.
Società Italiana di Elettrochimica, via Due Macelli, 66, Roma.
Società Italiana pel Carburo di Calcio, Acetilene e altri Gas, via Due Macelli, 66, Roma.
Società Nazionale di Ferrovie e Tramvie, piazza Santi Apostoli, 49, Roma.
Società Romana Tramways-Omnibus, via della Gatta, 5, Roma.
Società Veneziana di Elettrochimica, piazza Leoncini, Venezia.
Società Italiana dell'Elettrocarbonium, via Due Macelli, 3, Roma.

Digitized by Google

SEZIONE DI TORINO

(*Galleria Nazionale*)

CONSIGLIO DIRETTIVO.

Presidente: Soldati comm. ing. Vincenzo.
Vicepresidente: Thovez ing. Ettore.
Segretario: Sègre cav. ing. Enrico.
Cassiere: Luino ing. Andrea.
Consiglieri: Dumontel comm. Federico; Fornaca ing. Guido; Miolati dott. prof. Arturo; Prat cav. ing. Paolo; Silvano ing. Emilio; Verole cav. ing. Pietro.
Consiglieri delegati alla Sede Centrale: De Benedetti ing. Emilio; De Sauteiron de St. Clément ing. cap. cav. nob. Carlo; Oliva ing. Emilio; Pinna ing. cav. Raffaele.

SOCI INDIVIDUALI.

Andreucci prof. Carlo, piazza Umberto I, 10, Ancona.
Antoniotti ing. Riccardo, Corso Vinzaglio, 10, Torino.
Arcozzi Masino avv. cav. Fulvio, via Arsenale, 21, Torino.
Arigo ing. Giuseppe, via Cibrario, 11, Torino.
Artom ing. cav. Alessandro, via XX Settembre, 3, Torino.
Baer avv. Errico, via Montecuccoli, 2, Torino.
Barbieri ing. Menotti, via Cibrario, 45, Torino.
Barberis cav. cap. Carlo, Direzione del Genio, Spezia.
Battaglia ing. Tommaso, corso Vittorio Emanuele, 64, Torino.
Bergalli ing. Ettore, piazza Vittorio Emanuele I, 13 Torino.
Betteloni ing. Cesare, via San Secondo, 4, Torino.
Boccardo ing. cav. Emilio, Corso Vittorio Emanuele, 74, Torino.
Boella ing. Giovanni, piazza Giulio, 8, Torino.
Bonini ing. cav. Carlo Federico, R. Museo Industriale, Torino.
Borella ing. Felice, via Ospedale, 48, Torino.
Boselli cav. avv. Silvio, via Pietro Micca, 10, Torino.
Bosio cav. avv. Edoardo, via Genova, 27, Torino.
Bovi prof. ing. Benvenuto Alessio, via Arcivescovado, 1, Torino.
Branchinetti col. comm. Francesco, corso Vittorio Emanuele, 98, Torino.
Bronzini ing. Edoardo, via Lagrange, 3, Torino.
Brun G. Attilio, via Galliari, 4, Torino.
Büchi ing. Giacomo, corso San Maurizio, 75, Torino.
Calandri Ernesto, Galleria Nazionale, Torino.

Digitized by Google

Capuccio ing. Mario, piazza Castello, 22, Torino.
Caramelli Riccardo, corso Vittorio Emanuele, 74, Torino.
Carazzolo ing. Giuseppe, Padova.
Casana ing. Severino, senatore del Regno, via Principe Amedeo, 34, Torino.
Casetta ing. cav. Eugenio G. B., via Monte Pietà, 8, Torino.
Cassinis ing. Ferdinando, via Bogino, 25, Torino.
Castagneris cap. Guido, Corso Umberto I, 481, Roma.
Castelnuovo ing. Giulio, presso l'Associazione Elettrotecnica Italiana, Sezione di Torino, Galleria Nazionale, Torino.
Cattaneo comm. Roberto, via Ospedale, 51, Torino.
Cavallero ing. Giuseppe, Alpignano (Torino).
Cerruti Eugenio, via Accademia Albertina, 38, Torino.
Cernuschi Camillo, Società Piemontese di Elettricità, R. Parco, Torino.
Chiesa ing. Terenzio, corso San Maurizio, 71, Torino.
Coppellotti ing. Vittorio, Ufficio Tecnico di Finanza, Perugia.
Cornaro col. comm. Giovanni, via San Quintino, 45, Torino.
Croppi Alessandro, Società Elettrica Ossolana, Intra.
Crosa ing. comm. Vincenzo, via Cernaia, 11, Torino.
Cruto cav. Alessandro, Corso Vittorio Emanuele, 32, Torino.
Cuttica di Cassine march. ing. G., via Goito, 8, Torino.
Davis ing. cav. Franklin, galleria Natta, 3, Torino.
De Benedetti ing. Emilio, Cherasco.
Debernochi ing. Giacomo, via XX Settembre, 69, Torino.
Demonte ing. Agostino, via dei Mille, 9, Torino.
De Sauteiron de St-Clément ing. cap. cav. Carlo, Ispettorato costruzione Artiglieria, Roma.
De Thierry ing. J. H, Bra.
Diatto ing. Alfredo, via Ottavio Revel, 17, Torino.
Diena ing. Clemente, corso Vittorio Emanuele, 86, Torino.
Dogliotti ing. Pier Maria, corso Palestro, 10, Torino.
Donadio cav. Giovanni, Corso S. Martino, 8, Torino.
Douhet cap. Giulio, Direzione Stato Maggiore, Genova.
Dumontel comm. Federico, via Cernaia, 46, Torino.
Dumontel ing. Gilberto, via Cernaia, 46, Torino.
Errera ing. cav. Adolfo, via Barbaroux, 2, Torino.
Ferrario Carlo, via Roma, 27, Torino.
Ferraris ing. prof. Lorenzo, via Sagliano, 4, Torino.
Ferrua ing. Edoardo, salita Visitazione, 5, Genova.
Finardi ing. Angelo, Alpignano (Torino).
Folchini ing. Arturo, corso Re Umberto, 50, Torino.
Fontana ing. Vincenzo, piazza Vittorio Emanuele, 12, Torino.
Fornaca ing. Guido, via dei Mille, 32, Torino.
Franco ing. Giovanni, via XX Settembre, 30, Torino.
Franchetti ing. Alessandro, via Buonvicini, 18, Firenze.

Digitized by Google

Frascari ing. Carlo, via Maria Vittoria, 27, Torino.
Frattola ing. Enrico, Ispettore principale delle Ferrovie Mediterranee, Stazione P. N., Torino.
Frizzoni ing. Settimo, via Moncalvo, 1, Torino.
Garassino Giovanni, via Artisti, 34, Torino.
Garbasso dott. prof. Antonio, corso Magenta, 52-2, Torino.
Garrone ing. Lorenzo, via Gioberti, 8, Torino.
Gianoli ing. Guido, via Massena, 20, Torino.
Gianolio ing. Vittorio, Cantalupo (Alessandria).
Gilardini ing. Francesco, via Arsenale, 21, Torino.
Giordana ing. G. B., via Vanchiglia, 18, Torino.
Giorelli ing. Angelo Corrado, via Pietro Micca, 9, Torino.
Goglio ing. cav. Giuseppe, corso Oporto, 41, Torino.
Gola ing. Giovanni, corso Re Umberto, 8, Torino,
Grassi prof. comm. Guido, via Amedeo Avogadro, 9, Torino.
Guagno ing. Enrico, via Cernaia, 20, Torino.
Gualerzi dott. Orlando, via Convertite, 21, Roma.
Guidetti Ferruccio, corso Vittorio Emanuele, 34, Torino.
Hess ing. Adolfo, via Amedeo Avogadro, 19, Torino.
Imoda ing. Giuseppe, via Ponza, 3, Torino.
Incisa di Santo Stefano conte ing. Carlo, via Amedeo Avogadro, 9 *bis*, Torino.
Jean ing. Gaspare, Galleria Nazionale, Torino.
Jervis ing. Tommaso, via Principi d'Acaja, 10, Torino.
Lanino ing. comm. Giuseppe, via Cernaia, 24, Torino.
Lauchard cav. Emilio, corso Regina Margherita, 114, Torino.
Levi dott. Ernesto, via Cernaia, 25, Torino.
Lignana ing. Giuseppe, via Mazzini, 60, Torino.
Luino ing. Andrea, via Amedeo Avogadro, 20, Torino.
Maffiotti ing. cav. G. B, via Assietta, 3, Torino.
Magrini ing. Effren, via Santa Giulia, 46, Torino.
Marchini comm. Francesco, via Garibaldi, 46, Torino.
Marenco ing. Emilio, via Po, 6, Torino.
Marenco tenente Leopoldo, 5° Regg. Genio, Caserma Dogali, Torino.
Marietti ing. Silvio, Alpignano, Torino.
Marsal ing. Giorgio, Ferrovie Biellesi, Biella.
Maternini ing. cav. Francesco, via Arsenale, 42, Torino.
Mauro ing. Romano, III, Fasangasse, 18, Vienna.
Megardi ing. Giuseppe, via Crociferi, 23, Roma.
Miniotti ing. Marcello, via Madama Cristina, 20, Torino.
Miolati dott. prof. Arturo, corso Vittorio Emanuele, 63, Torino.
Montel ing. Luigi, corso Vittorio Emanuele, 80, Torino.
Monteverde ing. Aurelio, Catania.
Morra ing. prof. cav. P. Paolo, via Romani, 28, Torino.

Digitized by Google

Morelli ing. cav. Ettore, via Principi d'Acaja, 60, Torino.
Moreno ing. comm. Ottavio, corso Vittorio Emanuele, 71, Torino.
Moreno ing. Luigi, via Principe Amedeo, 32, Torino.
Mottura ing. Attilio, piazza Statuto 14, Torino.
Negretti ing. Luigi, via Mercanti, 18, Torino.
Negri Ottavio, piazza Statuto, 18, Torino.
Negro Luigi, via Valperga, 11, Torino.
Neyrone ing. Gino, via Goito, 2, Torino.
Noyer Edoardo, via San Quintino, 46, Torino.
Oliva ing. Luigi, Voghera.
Parmeggiani ing. Giuseppe, via XX Settembre, 40, Torino.
Perino cav. Fortunato, Villar Dora.
Personali ing. prof. Francesco, Biella.
Peyron ing. Emanuele, via San Quintino, 46, Torino.
Pinna cav. ing. Raffaele, via Bogino, 9, Torino.
Pollone comm. Eugenio, corso Siccardi, 21, Torino.
Pomba ing. cav. Luigi, via Carlo Alberto, 33, Torino.
Ponzani dott. cav. Vittorio, via Nizza, 27, Torino.
Ponzio dott. prof. Giacomo, via Montecuccoli, 3, Torino.
Prat ing. cav. Paolo, via Bogino, 9, Torino.
Primavera ing. Manlio, corso Vittorio Emanuele, 44, Torino.
Rappis ing. P. A. G., Marconi-s Wireless Telegraph Co., Chelmsford (Inghilterra).
Respinger ing. Emilio, 21, via Arsenale, Torino.
Ricotti ing. Paolo, via Emilia, 97, Voghera.
Ridoni ing. Ercole, Miniere di Montecatini, Val Cecina.
Rignon J. Albert, Gross Lichterfelde Ost, Grabenstrasse 7, Berlino.
Rocca ing. Alfredo, corso Valentino, 40, Torino.
Rossi dott. Andrea, via Mazzini, 34, Torino.
Rostain cav. Alfredo, via Pisa, 5, Torino.
Rotta cav. dott. Giuseppe, via Pietro Micca, 9, Torino.
Sacerdote ing. Adolfo, via Santa Giulia, 47, Torino.
Scavia dott. Michelangelo, corso Oporto, 30, Torino.
Salvotti ing. Ugo, via Lunga Casa dei Mersi, Trento.
Sassernò dott. cav. Alberto, Ufficio Centrale Telegrafi, Torino.
Schultz ing. cav. Giorgio, via Arsenale, 21, Torino.
Sclopis ing. cav. Vittorio, via Alfieri, 21, Torino.
Segre ing. cav. Enrico, via Ospedale, 39, Torino.
Selve comm. Federico, corso Duca di Genova, 19, Torino.
Serono cav. dott. Cesare, piazza Vittorio Emanuele, 12, Torino.
Serra ing. Franz, Manifattura del Tabacchi San Pancrazio, Firenze.
Silva ing. Ettore, via Sagliano, 4, Torino.
Silvano ing. Emilio, via Circonvallazione oltre Po, 93, Torino.
Soleri ing. Elvio, via Belvedere, 2, Torino.

Digitized by Google

Soldati comm. ing. Vincenzo, corso Vittorio Emanuele, 44, Torino.
Soldati Roberto, industriale, via Carlo Alberto, 16, Torino.
Straneo dott. prof. Paolo, via Ormea, 75, Torino.
Tavernier ing. René, rue de Bonnel, 7, Lyon.
Tedeschi ing. Cesare, via Sagliano, 1, Torino.
Tedeschi ing. Vittorio, corso Vinzaglio, 10, Torino.
Tessari ing. Antonio, via Vanchiglia, 21, Torino.
Thovez ing. Ettore, via Arsenale, 21, Torino.
Treves ing. Abramo, via Maria Vittoria, 24, Torino.
Treves ing. Vittorio, corso Re Umberto, 12, Torino.
Trossarelli ing. Ottavio, via Ottavio Revel, 5, Torino.
Urtis Cesare, via XX Settembre, 32, Torino.
Valabrega ing. Raffaele, Galleria Nazionale, Torino.
Veroj tenente ing. prof. Gomberto, Scuola di Applicazione Artiglieria e Genio, Torino.
Verole cav. ing. Pietro, via Cernaia, 46, Torino.
Vinca ing. Antonio, piazza Santa Giulia, 11, Torino.
Viscidi ing. Pasquale, corso Regina Margherita, 114, Torino.
Zerboglio ing. Giuseppe Paolo, piazza Solferino, 1, Torino.
Zublena ing. Giovanni, Via Gasometro, 10, Torino.

SOCI COLLETTIVI.

Compagnia di Assicurazione contro l'incendio, via Maria Vittoria, 18, Torino.
Ditta Siemens e Halske, Markgrafen-Strasse, 94, Berlino.
Fratelli Marsaglia e C., in liquidazione, piazza San Carlo, Torino.
Municipio di Spoleto.
Municipio di Torino.
Municipio di Vercelli.
Martina G. e Figli, via Buniva, 23, Torino.
Poma fratelli fu Pietro, Cotonificio, corso Vinzaglio, 3, Torino.
Società Anonima Piemontese di Elettricità, via Bogino, 9, Torino.
Società Anonima Fabbrica Calce e Cementi, Casale Monferrato.
Società Anonima Esplodenti e Prodotti Chimici, piazza Bodoni, 3, Torino.
Società Anonima Elettricità " Alta Italia, „ via Arsenale, 21, Torino.
Società Forze Idrauliche del Moncenisio, via Bogino, 35, Torino.
Società Dinamite " Nobel, „ Avigliana (Torino).
Società di Monteponi, via Alfieri, 15, Torino.
Società Elettrotecnica Italiana, via Principi d' Acaja, 60, Torino.
Società Italiana di Applicazioni Elettriche, via Andrea Doria, Torino.
Società Italiana di Elettricità, già Cruto, Alpignano (Torino).
Società Telefonica per l'Alta Italia, Galleria Nazionale, Torino.
Tecnografia Marandri, via Amedeo Avogadro, 20, Torino.
Tedeschi ing. V. e C., via Monte Bianco, Torino.

Digitized by Google

TABELLA RIASSUNTIVA

1° Aprile 1904.

SEZIONE	Soci individuali effettivi	Soci collettivi effettivi	Soci studenti	Totale
Bologna	59	3	10	72
Firenze	67	5	—	72
Genova	53	8	—	61
Milano	239	56	—	295
Napoli	101	9	9	119
Padova	53	3	—	56
Palermo	39	5	—	44
Roma	159	15	—	174
Torino	169	21	—	190
Totali . . .	939	125	19	1083

Soci al 1° aprile 1904 . . . . . N. 1083
Soci al 1° maggio 1903. . . . . „ 937

Aumento Soci . . . N. 146

Digitized by Google

PERIODICI E SOCIETÀ

coi quali l'A. E. I. fa lo scambio delle pubblicazioni

ITALIA.

Accademia dei Lincei, Roma.
Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche, Napoli.
Annali di Elettricità medica e Terapia fisica (Dott. G. Arienzo), Gabinetto Elettroterapico dell'Ospedale Incurabili, Napoli.
Camera di Commercio, Milano.
Collegio Ingegneri ed Architetti, Milano.
Collegio Ingegneri ed Architetti, Napoli.
Gazzetta Chimica Italiana, Roma.
Industria Chimica, Rivista Tecnica, Industriale e Commerciale, Torino.
Il Nuovo Cimento, Pisa.
I. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati, Rovereto.
R. Istituto Tecnico Superiore, Milano.
R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, Milano.
Revue Internationale de Thérapie Physique, Roma.
Rivista Marittima, Roma.
Rivista d'Artiglieria e Genio, Roma.
Rivista Tecnica Emiliana, Bologna.
Società Chimica di Milano, Milano.
Società Ingegneri ed Architetti Italiani, Roma.
Società Ingegneri ed Architetti, Torino.
Società Incoraggiamento Arti e Mestieri, via Santa Marta, 18, Milano.
Società Medico-Chirurgica di Bologna, Bologna.
Società degli Studenti Trentini, Trento.
Unione permanente delle Camere di Commercio Italiane, Milano.

FRANCIA.

Annales des Mines, Paris.
Bulletin du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité, Paris.
Bulletin de la Société Industrielle de Rouen, Rouen.
" Cosmos „ Revue hebdomadaire des Sciences et de leurs applications, Paris.
Électricien Revue Internationale de l'Électricité et de ses applications, Paris.
Industrie Électro-Chimique, Paris.

Digitized by Google

L'Industrie Électrique, Paris.
Revue Pratique de l'Électricité, Paris.
Société Internationale des Électriciens, Paris.
Société de l'Industrie Minérale, Saint-Étienne.
Societé des Ingénieurs Civils de France, Paris.

SVIZZERA.

Association Suisse des Électriciens.
Journal Télégraphique, Berne.
Revue de l'Électricité et de l'Éclairage en général, Berne.

BELGIO.

Annales des Travaux Publics de Belgique, Bruxelles.
Association Belge des Chimistes, Bruxelles.
Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Électrotechnique Montefiore, Liège.
Association entre les Élèves de l'Institut Montefiore, Liège.
Bulletin de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique (Classe des Sciences), Bruxelles.
Société Belge d'Électriciens, Bruxelles.

AUSTRIA.

Akademie der Wissenschaften, Wien.
Electro Techniker, Wien.
Mitteilungen über Gegestände des Artillerie und Genie-Wesens, Wien.
Österreichische Eisenbahn-Zeitung, Wien.
Technologisches Gewerbe-Museum, Wien.

GERMANIA.

Centralblatt für Accumulatoren, Elementen und Accumobilen, Berlin.
Elektrotechnischer Verein, Berlin.
Elektrotechnischen Anzeiger, Berlin.
Elektrische Bahnen, München.
Kraft, Berlin.
Kriegstechnischen Zeitschrift, Berlin.
Schiffbau, Berlin.
Verband Deutscher Elektrotechniker, Berlin.
Zeitschrift für Elektrochemie, Halle A. S.
Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Berlin.

Digitized by Google

INGHILTERRA.

Engineering, London.
Pratical Engineer, London.
Institution of Electrical Engineers, London.
Iron & Coal Trades Review, London.
Journal of the Society of Arts, London.
Mining Engineering, Wigan.
Page's Magazine, London.
Science Abstracts, London.
The Electrical Review, London.
The Electrical Engineer, London.
The Institution of Civil Engineers, London.
The Institution of Mechanical Engineers, London.
The Marine Engineer, London.
The Tramway and Railway World Illustrated, London.

RUSSIA.

Électricité, Saint-Pétersbourg.

SVEZIA E NORVEGIA.

Elektroteknisk Tidsskrift, Kristiania.

AMERICA.

American Institute of Electrical Engineers, New-York.
American Electrician, New-York.
American Society of Civil Engineers, New-York.
Electricity, New-York.
Proceeding of the United States Naval Institute, Annapolis Md.
The American Journal of Science, New-Haven.
The Electrical Review, New-York.
The Electrical World and Electrical Engineer, New-York.
The Electrical Age, New-York.
The Engineering Record, New-York.
The Franklin Institute, Philadelphia.
The Physical Review, Ithaca, N. Y.
The Railway Age, Chicago.

Digitized by Google

Prof. Moisè Ascoli, *Redattore-responsabile*

Roma - Tip. dell'Unione Cooperativa Editrice - Via Federico Cesi, 45.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTIZIE

DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

E

Verbali delle Sedute delle Sezioni

SEZIONE DI BOLOGNA.

Adunanza del 14 dicembre 1903.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Approvazione del verbale della precedente adunanza.
2° Programma di lavoro della Sezione per l'anno 1904.
3° Proposta del Consiglio direttivo relativo all'organizzazione della futura adunanza generale dell'A. E. I. che sarà tenuta in Bologna nel 1904.

Si apre la seduta alle ore 21.

Presiede il presidente prof. Luigi Donati.

Il verbale della precedente adunanza è approvato senza osservazioni.

Il presidente sul 2° oggetto all'ordine del giorno, dà la parola all'ingegnere Alfredo Donati che era insieme ad altri soci della Sezione, incaricato di formulare il programma di lavoro.

L'ing. Donati propone che anche quest'anno l'attività della Sezione si esplichi organizzando due serie di conferenze: una in cui siano svolti i concetti fondamentali della teoria delle oscillazioni elettriche in relazione coi fenomeni delle scariche, della telegrafia, e telefonia senza fili, ecc., l'altra che tratti di argomenti vari di elettrotecnica pratica.

Crede opportuno che alcune di tali conferenze (quelle di carattere prevalentemente sperimentale) siano tenute di giorno per facilitare l'intervento del massimo numero di persone, e ritiene che si possa stabilire come già si fece l'anno scorso con successo, una piccola quota di abbonamento per gli estranei all'Associazione che volessero intervenire.

Queste proposte sono approvate all'unanimità, e dopo breve discussione restano stabilite le quote seguenti:

Per una qualunque delle due serie	L. 10
Per entrambe le serie	„ 15

Hanno diritto al ribasso del 50 per cento: i soci della Società ingegneri, gli assistenti dell'Università e Scuola ingegneri, gli studenti delle

Digitized by Google

Scuole secondarie, dell'Istituto Aldini e dell'Università popolare, gl'insegnanti delle Scuole primarie e secondarie.

Sul 3° oggetto all'ordine del giorno il presidente riferisce che un gruppo di soci volenterosi si è costituito in Comitato provvisorio per provvedere all'organizzazione dei ricevimenti e gite. Comunica che, aderendo al desiderio espresso nell'ultima adunanza generale, si provvederà alla migliore riuscita della visita all'impianto del Cellina, prendendo a tale proposito opportuni accordi colla costituenda Sezione Veneta.

Rimane stabilito che il Comitato provvisorio, diramerà una circolare a tutti i soci della Sezione invitandoli a contribuire per la migliore organizzazione e annunciando che i soci aderenti saranno convocati in ispeciale adunanza al fine di eleggere un Comitato definitivo.

Le proposte del presidente sono accettate, senza discussione, all'unanimità.

Il Segretario
Ing. Umberto Maccaferri.

SEZIONE DI FIRENZE.

Adunanza dell'8 gennaio 1904.

La Sezione toscana dell'A. E. I.:

presa conoscenza della discussione avvenuta e dell'ordine del giorno votato presso la Sezione di Roma, in seguito alla conferenza del dottor Manzetti sulla telefonia a grande distanza;

si associa alla Sezione di Roma nel lamentare che sinora non sia stato tenuto dal Governo nessun conto dei voti espressi dall'Associazione nel Congresso del 1901, con l'approvazione dell'ordine del giorno Salvadori;

rileva come i fatti recenti occorsi nell'impianto della telefonia a grande distanza, nonchè l'importanza sempre crescente delle mansioni che le leggi ed i regolamenti attribuiscono all'Amministrazione dei telegrafi anche in altri rami delle applicazioni elettriche rendano sempre più urgente che il servizio telegrafico e telefonico riceva il suo indirizzo da un Corpo tecnico superiore d'indiscussa competenza;

rinnova il voto che il Governo provveda nel più breve tempo a raggiungere l'intento anzidetto, e confida che il presidente dell'A. E. I. vorrà adoperarsi efficacemente in proposito presso la competente autorità.

Il Segretario
Ing. A. Picchi.

Digitized by Google

SEZIONE DI GENOVA.

Adunanza del 22 gennaio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Comunicazioni della Presidenza.
2° Bilancio preventivo 1904.
3° Elezione dei revisori dei conti per l'anno 1904.
4° Elezione di un consigliere delegato alla Sede centrale.
5° Relazione dell'ing. Galliano circa la conferenza del dott. Manzetti sulla « telefonia a grande distanza » e sull'ordine del giorno votato dalla Sezione di Roma.

Presiede il prof. Rumi.

Letto ed approvato il processo verbale della seduta precedente; il presidente legge l'elogio di Federico Pescetto.

Il socio ing. Piva, associandosi alla commemorazione letta, aggiunge alcune parole in lode del defunto che fu sempre modesto pur essendo valoroso.

Il presidente comunica in seguito i doni pervenuti alla biblioteca dell'Associazione segnalando specialmente quelli cospicui del socio Dossmann e della famiglia Pescetto. Espone poi il movimento dei soci dall'ultima assemblea ad oggi, dal quale risulta che in confronto di 5 nuovi soci inscritti vi hanno 7 soci dimissionari, tra i quali alcuni perchè andati all'estero, e 2 soci non residenti che non risposero mai all'invito di mettersi al corrente con la cassa.

Partecipa poscia che in occasione della visita di S. M. il Re a Londra la Institution of Electrical Engineers presentò al nostro Sovrano un indirizzo di felicitazione, e fa dar lettura dell'indirizzo medesimo e della risposta che il presidente della nostra Associazione indirizzò alla stessa.

Dice poi che interessato direttamente da S. E. il Ministro di agricoltura, industria e commercio, in seguito, dalla Sede centrale si rivolse ai direttori d'impianti ed officine elettriche in Genova perchè vogliano prender parte all'Esposizione di Saint-Louis con disegni, album, relazioni, ecc., diretti ad illustrare lo sviluppo delle applicazioni elettriche nella nostra regione, e che ebbe assicurazioni che nella mostra collettiva dell'A. E. I., Genova nostra sarà convenientemente rappresentata.

Comunica che essendo stato mandato, da parte del locale Collegio degli ingegneri, ai Ministeri di agricoltura, dei lavori pubblici e delle finanze l'ordine del giorno sulle " derivazioni d'acqua „ votato dal Collegio degl'ingegneri e dalla Sezione in seguito alla relazione Rumi-Figari; questi risposero che avrebbero tenuto presenti i desiderî espressi nella relazione e nell'ordine del giorno, e dà lettura delle relative lettere. Coglie l'occasione per

*

Digitized by Google

lamentare che forse per il soverchio numero d'argomenti portati all'ordine del giorno alla seduta generale di Napoli dell'A. E. I., questa quistione non abbia potuto essere ampiamente discussa, specialmente perchè l'ordine del giorno votato qui potesse pur avere la sanzione dell'Associazione intera, e perchè la quistione stessa avrebbe pur dato luogo a discussione circa al trattamento di favore fatto, nell'applicazione delle tasse, al carbone in confronto dell'acqua.

La Sezione passa, in seguito, alla discussione ed all'approvazione del bilancio preventivo per l'anno 1904, e nomina i soci Capellini, Bonanni e Moltini a revisori del conto consuntivo del 1903, e l'ing. Cristoforis a delegato presso la Sede centrale in sostituzione dell'ing. Thoma scaduto per il disposto dell'art. 11 dello statuto.

Il socio Galliano, dietro incarico del Consiglio, riferisce sulla conferenza Manzetti, tenuta alla Sezione di Roma circa la " telefonia a grande distanza „ e sull'ordine del giorno votato dalla Sezione stessa.

Dopo aver riassunto brevemente la conferenza, aggiunge alcune considerazioni circa lo sviluppo delle reti telefoniche in Italia, ed una statistica degli apparati in funzione in confronto al numero degli abitanti, da cui emerge che l'Italia è alla coda della maggior parte degli altri paesi d'Europa. Tenta di spiegarne le ragioni e confida che le condizioni miglioreranno con l'applicazione della legge Galimberti. Lamenta però che la costruzione delle nuove linee sia subordinata agl'introiti governativi sulle linee in funzione il che non può che ritardare lo sviluppo desiderato, ed enumera quali sieno le comunicazioni *inter-urbane* che ne avvantaggeranno. Ricordando poi l'attuale linea Roma-Parigi, trova che le difficoltà che presenta, dipendono anche dal tracciato della linea medesima oltrechè dalle altre cause tecniche ricordate dal dott. Manzetti.

Pone ben in rilievo, anche con dei confronti, le esperienze fatte all'estero col metodo del Pupin, metodo che sembra rigorosamente controllato, e che permetterebbe, con la migliorata trasmissione, una economia a vantaggio del maggior sviluppo della rete. Conchiude col proporre un plauso all'ordine del giorno votato a Roma, in quanto ha lo scopo di richiamare l'attenzione del Governo su di questa interessante quistione, e con l'invitare la Sezione a formulare i suoi desiderati in proposito.

Sulla relazione dell'ing. Galliano prendono la parola diversi dei presenti, ed all'unanimità viene approvato il seguente ordine del giorno:

" La Sezione di Genova dell'A. E. I.:

presa cognizione della comunicazione fatta alla Sezione di Roma dal dott. Manzetti e dell'ordine del giorno votato dalla Sezione stessa;

udita la chiara esposizione dell'ing. Galliano in proposito;

esprime il voto:

che il Governo voglia prendere in considerazione gli ultimi esperimenti e risultati relativi alla telefonia a grande distanza e veda di dotare l'Italia

Digitized by Google

nel minor tempo possibile d'una rete telefonica che risponda nel miglior modo alle esigenze tecniche ed economiche.

Inoltre riconferma il voto già espresso dell'Associazione per l'istituzione di speciali scuole di telegrafia e telefonia da parte dei Ministeri competenti. „

La seduta viene tolta alle ore 23.

Il Segretario
Ing. G. ANFOSSI.

SEZIONE DI MILANO.

Adunanza del 22 dicembre 1903.

ORDINE DEL GIORNO:

Sulla municipalizzazione del servizio di pubblica illuminazione a Milano (ing. E. Fumero).

Il presidente ing. Bertini informa i presenti che la riunione fu richiesta da oltre dieci soci, in base all'art. 9 del Regolamento.

Per ragioni personali, che non crede necessario spiegare, e che spera saranno convenientemente apprezzate dai convenuti, prega lo si voglia dispensare dal presiedere la riunione.

Il segretario ing. Semenza fa le stesse dichiarazioni, e il vicepresidente ing. Motta assume la Presidenza, assistito dall'ing. Ascoli quale segretario.

L'ing. Fumero fa la sua comunicazione.

Alla comunicazione Fumero segue una breve discussione in merito i cui risultati saranno riportati sugli *Atti*, insieme alla Memoria in parola.

Il Segretario
Ing. G. SEMENZA.

Adunanza dell'8 gennaio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Comunicazioni della Presidenza.
2° Elezione di tre consiglieri delegati alla Sede centrale.
3° Proposta di modificazione all'art. 22 del Regolamento.
4° Conferenza del signor Fumero su: « I risultati dell'applicazione del sistema Pupin di telefonia a grande distanza ».

Presiede l'ing. A. Bertini, presidente.

Digitized by Google

Bertini comunica la lettera con cui il Ministero di agricoltura, industria e commercio invita gli elettricisti italiani a concorrere all'Esposizione di Saint Louis come pure la lettera del presidente prof. Ascoli sullo stesso argomento.

Espone poi la proposta di modificazione all'art. 22 del Regolamento della Sezione il quale viene approvato nella seguente forma:

Art. 22. I bilanci della Sezione, prima di essere presentati all'assemblea vengono esaminati da una Commissione di revisori nominati nell'assemblea dell'anno precedente secondo il disposto dell'art. 23 del presente Regolamento, la quale ne riferisce nell'assemblea stessa.

Per l'applicazione di questo articolo occorre una deliberazione transitoria e cioè prolungare la permanenza in carica dei revisori della scorsa assemblea perchè esaminino i bilanci del 1903.

Si approva.

Si passa poi all'elezione di tre consiglieri delegati alla Sede centrale, in sostituzione dei signori:

Arnò prof. Riccardo.
Barberis ing. Giovanni.
Barzanò ing. Carlo.

Fungono da scrutatori l'ing. Kros e l'ing. Diara.

Risultati della votazione:

Votanti 21:

Ing. Luigi Cauro, voti 21.
Ing. Alessandro Scotti, voti 21.
Ing. Domenico Civita, voti 19.

Si proclamano eletti.

Bertini Espone quanto gli fu comunicato dalla Presidenza della Sede centrale relativamente all'ordine del giorno votato nella Sezione di Roma il 21 dicembre e prima di passare alla discussione dà la parola all'ing. Fumero perchè faccia la sua conferenza sul sistema Pupin.

La conferenza dell'ing. Fumero e la successiva discussione saranno riportate sugli *Atti* a parte.

Il Segretario
Ing. G. Semenza.

Digitized by Google

SEZIONE DI NAPOLI.

Adunanza del 20 dicembre 1903.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Proclamazione di nuovi soci e dichiarazione di soci morosi.
2° Elezione di quattro consiglieri e di due delegati alla Sede centrale.
3° Norme per l'ammissione di soci studenti.
4° Sistemazione del personale di segreteria.
5° Comunicazioni della Presidenza.
6° Programma dei lavori per l'anno 1904.

1. Vengono proclamati i soci ammessi nelle sedute del Consiglio direttivo posteriori all'ultima assemblea.

Essi sono i signori:

Ing. A. Gaulis
„ C. Borgström
„ A. Caneva
„ G. Tanturri
„ F. Guggenheimer
„ A. Lodolo
„ G. Lo Cascio
„ F. Finelli
„ G. Padrone
„ G. Sarti
„ G. Giuliani
„ A. Kernot
„ G. De Nicola
„ G. Berner
Ing. A. Basevi
„ G. Morelli
„ M. Coppola
„ Lamont Young
Cav. S. Cohu
G. Carrelli
Ing. G. Maiuri
„ R. Pinto
Prof. L. Ferrara
Ing. M. G. Faruffini
„ V. Vitali
„ A. Parlato
G. Algranate.

Viene deliberato di proclamare nella prossima assemblea i nomi dei soci morosi.

2. In considerazione dall'accresciuto numero di soci della Sezione, i quali oltrepassano il centinaio, la Sezione acquista il diritto di nominare un nuovo delegato al Consiglio generale e due nuovi consiglieri.

Si proclamano, per la rinnovazione annuale decaduti, i soci ing. Grismayer da delegato al Consiglio generale, ed ingegneri Bonghi e De Cristoforo da consiglieri.

Vengono eletti agli uffici predetti i soci:

Ing. A. Galimberti
„ G. Sarti
} Delegati al Consiglio generale.

Ing. M. Bonghi
„ C. A Curti
„ G. De Cristoforo
„ G. Fano
} Consiglieri.

Digitized by Google

3. Vengono discusse e deliberate le norme di ammissione dei soci studenti fissando il loro contributo annuale a L. 12 ed esonerandoli dalla tassa d'ammissione.

4. Si delibera di assegnare all'impiegato aggiunto di segreteria uno stipendio di L. 20 mensili oltre ad un assegno fisso di L. 10 mensili per le esazioni delle quote sociali, a partire dal 1° gennaio 1904.

5. Il presidente riassume sommariamente la contabilità delle spese incontrate dalla Sezione nell'organizzazione del passato congresso;

Richiama l'attenzione sopra lo stato della biblioteca e la convenienza di darle maggiore incremento prelevando all'uopo una parte dei fondi che risulteranno attivi nei bilanci avvenire;

Comunica il desiderio manifestato da un certo numero di soci perchè venga richiesta la Società anonima dei tramways napoletani di uno speciale abbonamento di favore ai membri dell'Associazione; a questo si associano tutti i soci presenti;

Comunica le notizie pervenute dalla Sede centrale in merito alla prossima escursione negli Stati Uniti, alla sede della prossima assemblea, ed ai rapporti di simpatia interceduti fra l'A. E. I. e l'Associazione degli ingegneri elettricisti inglesi.

Denuncia finalmente l'intendimento del Consiglio direttivo di bandire anche nel prossimo anno una serie di conferenze quindicinali sopra argomenti svariati di elettrotecnica e scienze affini, e fa appello alla buona volontà dei colleghi per ottenerne la preziosa collaborazione.

p. Il Segretario
Ing. L. De Biase.

SEZIONE DI TORINO.

Adunanza del 21 dicembre 1903.

Ordine del giorno:

1° Comunicazioni della Presidenza.
2° Rinnovazione degli accordi di federazione.
3° Provvedimenti per la categoria dei soci studenti.
4° Nomina di 2 consiglieri della Sezione.
5. Nomina di due delegati al Consiglio centrale.

Presiede il presidente ing. Vincenzo Soldati.

Sono presenti 40 soci individuali e rappresentati 5 collettivi.

Il presidente comunica che la targa, votata nell'assemblea generale 1902, da porsi sul monumento a Galileo Ferraris in nome dell'Associazione, è

Digitized by Google

pronta. Si presero accordi con la Sede centrale per la funzione, che avrà luogo il 7 febbraio prossimo, anniversario della morte del Maestro.

Comunica che è intenzione della Presidenza di promuovere il più possibile le visite ad impianti. Prossimamente si farà una gita a Pont Saint-Martin, allo stabilimento della Società industriale elettrochimica.

Avverte che l'Istituto geografico militare ha concesso ai soci dell'A. E. I. lo sconto del 30 per cento sul prezzo delle carte, purchè la richiesta sia fatta a mezzo della Sede centrale.

Il presidente ricorda che al 1° gennaio 1904 devono essere rinnovati gli accordi fra le Società formanti la Federazione.

Le assemblee della Società degl'ingegneri e dell'Associazione chimica hanno già votato i poteri necessari alle rispettive Presidenze.

Chiede all'assemblea che si pronunci in merito.

Diatto propone che si diano pieni poteri alla Presidenza per la rinnovazione degli accordi.

L'assemblea approva all'unanimità.

Il presidente ricorda le aggiunte allo statuto, approvate per *referendum* il 15 giugno 1903, riguardanti la creazione della categoria dei soci studenti. Il Consiglio direttivo, interpretando l'opinione manifestata dai soci, specialmente in occasione del *referendum*, si era pronunciato contro la loro ammissione nella Sezione. A tale proposito la Sede centrale fece osservare che devono figurare nel regolamento. Per gli accordi di federazione non è possibile ammetterli alla frequentazione dei locali e all'uso della biblioteca; perciò il Consiglio propone la seguente aggiunta al regolamento:

" A sensi delle aggiunte allo statuto, votate il 15 giugno 1903, si ammettono nella Sezione di Torino, oltre ai soci ordinari, i soci studenti.

" La loro ammissione avverrà con le norme stabilite per le altre categorie dei soci.

" Possono essere soci studenti gl'inscritti negli Istituti superiori del Regno.

" I soci studenti potranno intervenire, senza diritto di voto, alle adunanze della Sezione, escluse quelle di carattere amministrativo.

" Potranno prender parte alle gite e alle visite sociali, alle condizioni degli altri soci.

" Non hanno però diritto di frequentare i locali sociali, nè di usufruire della biblioteca e dei periodici. Tale disposizione vigerà anche rispetto ai soci studenti inscritti in altre Sezioni dell'A. E. I.

" La quota annua per i soci studenti è fissata in L. 15, da versarsi all'atto della domanda d'iscrizione. „

Diatto non è convinto che la Sezione non possa più semplicemente dichiarare che non li ammette.

Segre dà informazioni sulla corrispondenza avuta con la Sede centrale, dalla quale risulta non essere possibile non inscrivere soci studenti.

Tedeschi è favorevole alla creazione di tale categoria e vorrebbe fossero fatte più ampie concessioni.

Digitized by Google

Pinna crede si devano ammettere, non potendosi creare un contrasto con disposizioni statutarie. D'altra parte ci legano gli accordi con le altre Società, perciò è favorevole alla proposta del Consiglio.

Tedeschi trova giuste le ragioni esposte, ma eccessiva la quota di L. 15, che è la massima imponibile.

Grassi ha dei dubbi sugl'inconvenienti alla iscrizione dei soci studenti. La Sede centrale ha studiato ciò che hanno fatto le simili Società estere, specialmente l'inglese, ove esiste tale categoria, quindi le parve potesse crearsi anche in Italia. Le altre Sezioni l'hanno ammessa; perchè a Torino non si potrebbe fare?

Il presidente fa presente che la Sede sociale è in comune con altri enti e che la biblioteca è quasi completamente di essi; che quindi non siamo in grado di disporne contro la loro volontà.

Ferraris trova che la Sezione ha il pieno diritto di porre delle limitazioni; la Sede centrale non ha negato forse ai soci studenti il diritto più utile e il solo, che essa fosse veramente in potere di dare, cioè, le pubblicazioni?

Tedeschi insiste sulla riduzione della quota annua, anche per non dimostrare soverchia ostilità.

Grassi è persuaso delle ragioni addotte per Torino; ma crede che altre Sezioni si trovino nelle stesse condizioni, per esempio Milano. Crede che si dovrebbe sospendere ogni deliberazione e attingere informazioni su quanto si è stabilito altrove. Subordinatamente, visto che si deve negare l'uso dei locali e della biblioteca, crede si deva ridurre la quota.

Pinna ritiene inutile la sospensiva poichè gli accordi che vincolano la Sezione non possono essere modificati; propone che si voti l'aggiunta, lasciando in sospeso solo l'ammontare della quota.

Ponzio vorrebbe che nell'aggiunta si accennassero le ragioni dell'esclusione.

Ferraris si oppone perchè il regolamento non deve dare ragione delle sue disposizioni.

Grassi ritira la proposta di sospensiva.

Diatto propone che la quota sia ridotta a L. 12.

Il presidente accetta la riduzione e pone in votazione l'aggiunta, come fu proposta dal Consiglio, con la modificazione della quota.

L'assemblea approva con due voti contrari.

Si procede alla nomina di due consiglieri della Sezione.

Il presidente comunica l'esito della votazione:

Votanti 40:

Prof. Arturo Miolati. . . .	voti	36
Ing. Guido Fornaca	„	33
dispersi	„	4

e proclama eletti il prof. Miolati e l'ing. Fornaca.

Digitized by Google

Si procede alla nomina di due delegati al Consiglio centrale:
Il presidente comunica l'esito della votazione:

Votanti 40:

Ing. Luigi Oliva	voti 36
Ing. Emilio De Benedetti. .	„ 31
dispersi	„ 4

e proclama eletti l'ing. Oliva e l'ing. De Benedetti.
La seduta è levata alle ore 23.15.

Il Segretario
Ing. Enrico Segre.

Adunanza dell'8 gennaio 1904.

Ordine del giorno:

Conferenza del socio ing. R. Pinna su « La municipalizzazione della produzione e della distribuzione dell'energia elettrica in Torino ».

Presiede il presidente ing. Vincenzo Soldati.
Sono presenti 61 soci.
Il presidente comunica una lettera dell'ing. Pinna il quale, trovandosi improvvisamente indisposto, esprime vivo rammarico di non poter tenere l'annunciata conferenza e ne fa le più vive scuse.
Il presidente, manifestando grande rincrescimento per la cause che impedisce all'egregio socio d'intervenire all'adunanza e la perdita di una interessante e pregevole comunicazione, dà la parola all'ing. Arigo, il quale si è offerto di aprire la discussione in merito all'argomento.
Arigo, riassunto rapidamente un suo opuscolo pubblicato in questi giorni sulla questione che interessa acutamente la cittadinanza e i tecnici, aggiunge parecchie nuove osservazioni critiche al progetto presentato al Consiglio municipale e conchiude essere necessario che l'Associazione preghi l'onorevole giunta di voler addivenire a studi più completi ed esaurienti in un argomento di tanta importanza.
Diatto, visto i gravi interessi in discussione e l'indirizzo nuovo di finanza e di amministrazione che si verrebbe ad inaugurare crede doveroso l'intervento dell'Associazione e propone si nomini una Commissione che faccia degli studi, nel più breve tempo possibile, e ne riferisca in assemblea; la relazione dovrà essere stampata e distribuita ai consiglieri comunali.
Silvano ritiene urgentissimo che l'Associazione esprima il proprio parere e propone il seguente ordine del giorno:
" L'assemblea dell'Associazione elettrotecnica italiana, Sezione di Torino,
" radunata gli 8 gennaio 1904.

Digitized by Google

" Presa cognizione delle proposte che si stanno per discutere al Con-
" siglio comunale in merito alla municipalizzazione della produzione e della
" distribuzione dell'energia elettrica in Torino,

" Ritenendo che l'argomento è di tale importanza da richiedere un tempo
" considerevole per uno studio coscienzioso,

" Fa voti che il Consiglio comunale ritardi tale discussione perchè le
" Società tecniche e scientifiche possano portare il loro contributo,

" E nomina una Commissione per tale studio, con l'incarico di riferire
" entro quindici giorni in assemblea generale. „

L'assemblea approva all'unanimità.

Si procede alla nomina della Commissione per schede segrete e risulta composta dai soci: ing. V. Soldati, ing. A. Diatto, ing. E. Segre, ing. E. Silvano, in. O. Trossarelli.

L'adunanza è levata alle ore 23.

Il Segretario
Ing. Enrico Segre.

Prof. Moisè Ascoli, *Redattore-responsabile*

Roma — Tipografia dell'Unione Cooperativa Editrice.

Digitized by Google

NOTIZIE

DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

E

Verbali delle Sedute delle Sezioni

SEDE CENTRALE.

ESCURSIONE IN AMERICA.

(Circolare diramata il 30 marzo 1904).

EGREGIO COLLEGA,

Dopo la circolare preliminare del 9 luglio 1903, furono continuate le trattative con le Società di Navigazione e con gli Elettricisti Americani per organizzare la progettata escursione negli Stati Uniti; in seguito a queste trattative ed alle cordiali offerte dell' " *American Institute of Electrical Engineers* „ fu definito il programma che mi pregio di comunicarle, riservandomi di far conoscere ai soli iscritti le ulteriori specificazioni e le eventuali variazioni.

1. **Itinerario.** L'itinerario, organizzato dall' " *American Institute* „ dura tre settimane, dal 4 al 24 settembre. Esso è il seguente:

4 settembre: Gita sul fiume Hudson - *5 settembre:* Visite a New York e ricevimento dell' " *American Institute* „ - *6 settembre:* Visite a Schenectaday, (Gen. El. Co.) ed Albany - *7-8 settembre:* Visite a Montreal, (Canadà) e ricevimento della M. Gill University - *9 settembre:* Visite al Niagara - *10 settembre:* Visite a Chicago - *11-17 settembre:* A Saint Louis. (Esposizione e Congresso elettrico) - *18-19 settembre:* Visite a Pittsburg, (Westinghouse) - *19-20 settembre:* Visite a Washington, ricevimento del presidente Roosvelt - *21 settembre:* Visite a Philadelphia - *22-23 settembre:* A Boston - *24 settembre:* Scioglimento della comitiva a New-York.

A queste tre settimane sarà aggiunta un'altra settimana circa da passarsi a New-York e dintorni. Per modo che la durata complessiva della permanenza negli Stati Uniti sarà di circa 26-27 giorni.

Chi desidera fermarsi più a lungo per proprio conto potrà egualmente approfittare dei biglietti di ritorno accordati dalle Compagnie di Navigazione.

Il viaggio circolare da New-York a New-York sarà fatto con treno speciale Pullmann organizzato dall' " *American Institute.* „ Le visite ed i ricevimenti saranno preparati dall' " *American Institute* „ e dai suoi Comitati locali, dalle Compagnie industriali e dalla Mc. Gill University di Montreal.

2. **Spesa.** La quota da versarsi alla Cassa Centrale dell'A. E. I. non potrà essere stabilita definitivamente che quando saranno esaurite tutte le pratiche nei particolari più minuti. Essa sarà compresa tra le lire 1800 e le 2200. Con questa somma si provvederà a tutte le spese prevedibili di viaggio e di soggiorno, comprese quelle che allo scopo dovranno essere sostenute dall'A. E. I.; tuttavia è bene che ciascun socio partecipante all'escursione possa disporre di qualche centinaio di lire in più.

Digitized by Google

Le spese del viaggio dalla residenza del socio al porto d'imbarco non sono comprese nella quota.

Della quota fissata, la somma di L. 100 (cento) sarà versata, a fondo perduto, all'atto della iscrizione definitiva; la somma di L. 1000 (mille) entro il mese di giugno a richiesta; il rimanente non più tardi del 15 luglio.

Le somme versate non saranno in nessun caso restituite prima del compimento del viaggio.

3. **Traversata.** L'organizzazione dell'A. E. I. comprende la traversata con imbarco nei porti di Genova e di Napoli: è possibile che si possa disporre anche di posti di seconda classe. L'imbarco avrà luogo a Genova verso il 15 ed a Napoli verso il 17 agosto; lo sbarco a New-York verso il 31 salvo lievi modificazioni. L'arrivo a Napoli e Genova avrà luogo non più tardi dell'11 e 13 ottobre.

La via del Nord (Parigi-Cherburgo) per chi risiede nell'alta Italia, fa risparmiare, tra andata e ritorno, circa 12 giorni; ma importa una spesa da 400 a 600 lire maggiore (secondo la classe scelta) a partire dalle stazioni di Milano o di Torino. I soci che preferissero questa via raggiungeranno la comitiva in New-York secondo gli ulteriori accordi; ma l'A. E. I. non provvederà all'organizzazione del loro viaggio se non nel caso che il loro numero fosse considerevole.

4. **Iscrizione.** Le iscrizioni si chiuderanno col giorno *2 maggio 1904, termine improrogabile.* Non sarà considerato come iscritto chi non avrà versato la somma di lire cento, di cui al n. 2.

I soci sono tuttavia vivamente pregati di iscriversi nel più breve termine possibile, perchè è urgente la conoscenza del numero dei gitanti per chiudere le trattative, ed anche perchè è possibile che i primi iscritti abbiano condizioni più favorevoli.

5. **Signore.** Oltre ai soci individuali, studenti e collettivi (non più di un rappresentante per ogni socio collettivo), non saranno ammesse che le signore viaggianti coi soci.

La S. V. è pregata di rimandare, per lettera raccomandata, l'unita scheda debitamente riempita, al presidente dell'*Associazione Elettrotecnica Italiana,* Sede centrale, Corso Umberto I, n. 397 - Roma.

Roma, 30 marzo 1904.

Il Segretario Generale — R. Salvadori.

Il Presidente — M. Ascoli.

Per l'organizziazone dell'escursione la Presidenza ha nominato le seguenti Commissioni:

In Italia: Prof. Ascoli, *presidente* — Comm. G. Dell'Oro — Ing. G. Giorgi — Ing. O. Lattes — Ing. R. Salvadori — Ing. G. Semenza.

In America: Ing. J. W. Lieb J. (*Vicepresidente dell'* " American Istitute of Electrical Engineers „), *presidente* — Ing. G. Faccioli — Ing C. O. Mailloux (*Vicepresidente dell'* " American Institute of Electricale Engineers „) — Ing. E. Soleri — Ing. F. Torchio.

Digitized by Google

SEZIONE DI BOLOGNA.

Adunanza del 30 dicembre 1903.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Approvazione del verbale della seduta precedente.
2. Elezione del Consiglio Direttivo e di un delegato alla Sede Centrale.

Presiede il presidente prof. Luigi Donati.

Il verbale della seduta precedente è approvato senza osservazioni.

Si procede alla votazione per la nomina del nuovo Consiglio direttivo e riescono eletti i signori:

Presidente: Prof. LUIGI DONATI.

Vicepresidente: Ing. PIETRO LANINO.

Consiglieri: Ing. cav. RINALDO RINALDI, ing. prof. SILVIO CANEVAZZI, ing. cav. ANGELO SILVA, ing. BARNABA LANINO, ing. SALVATORE MARIENI, ing. UMBERTO MACCAFERRI.

A delegato della Sede Centrale in sostituzione dell'ing. Pietro Lanino, sorteggiato, fu eletto l'ing. Alfredo Donati.

Infine il Presidente comunicò le ultime notizie pervenute dalla Sede Centrale.

Il Segretario
Ing. UMBERTO MACCAFERRI.

SEZIONE DI GENOVA.

Adunanza dell'11 marzo 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Comunicazioni della Presidenza.
2° Conto consuntivo 1903.
3° Comunicazione dell'ing. Anfossi sulla « riluttanza d'un magnete rettilineo ».

Alle ore 20.30, presenti diversi soci della Sezione, il presidente ing. Rumi dichiara aperta la seduta facendo rilevare che l'assemblea è regolarmente costituita (art. 8 reg.). Letto ed approvato il precedente processo verbale, il presidente comunica che l'ing. Buffa, presente, già inscritto in questa Sezione, poi in quella di Torino, ritorna fra noi, e che il sig. Negro Luigi, dopo aver regolato il suo debito verso la Sezione, fu inscritto alla Sezione di Torino.

In seguito lo stesso presidente comunica all'assemblea le lettere scambiate con la Sede centrale riferentisi alle quote in arretrato per mancato pagamento da parte de' soci per lo scorso esercizio. L'assemblea approva l'operato della Presidenza, e, dopo alcune osservazioni dei presenti dalle quali

*

Digitized by Google

emerge che il mancato pagamento da parte d'un socio colpisce oltrechè la Sede centrale anche e dippiù la Sezione, per il che sarebbe illogico che questa dovesse sopportarne tutto il peso e che tale sistema potrebbe divenire letale per la sua esistenza, delibera all'unanimità " che la Sezione non debba pagare alla Sede centrale la quota dei soci morosi, ritenendosi in fin d'esercizio obbligata solamente per quelle quote in arretrato che eventualmente le venisse fatto di esigere. „

Per quanto concerne l'Esposizione di Saint-Louis, comunica una lettera del presidente della A. E. I con la quale il termine utile per la spedizione delle pubblicazioni destinate alla stessa vien prorogato al 25 corr., ed invita caldamente i soci interessati a prendervi parte.

Si passa quindi alla discussione del bilancio consuntivo 1903, ed in seguito alla relazione dei revisori de' conti ed a spiegazioni fornite dal presidente, viene approvato nella forma presentata.

Per ultimo l'ing. Anfossi legge la sua comunicazione sopra la " riluttanza d'un magnete rettilineo. „

A proposito della stessa alcuni soci fanno varie osservazioni alle quali esaurientemente risponde il conferenziere.

Dopo di che la seduta vien sciolta.

Il Segretario
Ing. G. Anfossi.

SEZIONE DI MILANO.

Ammissione di soci studenti.

1° A norma degli articoli 5, 6, 7 e 8 dello Statuto Sociale della A. E. I. recentemente modificati, sono ammessi a far parte della stessa gli studenti iscritti negli Istituti Superiori del Regno.

2° I soci studenti possono frequentare le sale della Sede della Sezione di Milano dell'A. E. I. ed ivi consultare i periodici in abbonamento ed usare della biblioteca — senza però asportarne i volumi — possono assistere alle conferenze e prendere parte alle escursioni indette dall'A. E. I. anche all'estero.

3° I soci studenti non possono avere cariche amministrative, nè prendere parte alle discussioni e alle votazioni di qualunque genere.

4° La quota annua da versarsi nella cassa della Sezione di Milano pei soci studenti è di L. 10. Qualora il socio studente desideri ricevere le pubblicazioni dell'A. E. I., la sua quota annua sarà di L. 20.

5° I soci studenti si atterranno al regolamento della Sezione per tutte le altre disposizioni che, tenuto conto delle norme precedenti, potranno riguardarli.

6° Lo studente che intende di farsi socio deve farne domanda al segretario della A. E. I., Sezione di Milano (Via S. Paolo, 10), indicando l'Istituto nel quale è inscritto. Tale domanda dovrà essere controfirmata da due soci ordinari della Sezione.

Il Segretario
Ing. G. Semenza.

Il Presidente
Ing. A. Bertini.

Digitized by Google

Sezione di Milano. Rendiconto dell'anno sociale 1903. Sezione di Milano.

PATRIMONIO SOCIALE al 1° Gennaio 1903.

Mobili (valore attuale) . . . . . L.			200 —
Biblioteca: libri (prezzo al costo)			514.40
„ periodici (prezzo al costo)			743.81
Contanti, sul libretto B. P.		1.457.04	
Rimanenenza passiva: Importo conti a pagare .		600 —	
			857.04
			2,315.25

RENDITE.

Contributi di N. 149 Soci individuali residenti . L.	4,470 —	
„ „ 92 „ „ non residenti .	1,840 —	
„ „ 60 „ collettivi	2,400 —	
Soci paganti N. 301 (al 16 Luglio 1903).		
Contributo di N. 1 Socio individuale non residente, iscrittosi dopo il 16 Luglio e pel quale nulla è dovuto alla Sede Centrale	20 —	
Contributi del 1902 di N. 2 Soci individuali non residenti, riscossi nel 1903	40 —	
		8,770 —
Interessi sul libretto B. P.		71.44
Ricavo vendita volumetto: *Cenni sui principali impianti elettrici della Lombardia*		21.60
Totale Rendite . . . . L.		8,863.04

SPESE.

Affitto e servizi . . . . . L.	2,000 —	
Contributi alla Sede Centrale	3,630 —	
Stipendio al contabile	480 —	
Stampati	357.50	
Cancelleria, rilegature	72.95	
Spese di posta, ecc.	384.18	
„ riscossione contributi	120.60	
Gratificazioni.	220 —	
Pubblicazioni.	436.95	
Conferenze.	63.60	
Totale Spese L.		7,765.78
Avanzo Esercizio 1903 L.		1,097.26
		3,412.51

PATRIMONIO SOCIALE al 31 Dicembre 1903.

Mobili (valore attuale) . . . . . L.		200 —	
Biblioteca:			
Libri (prezzo al costo): acquistati prima del 1903. L.	514.40		
„ „ „ nel 1903. .	85.60		
		600 —	
Periodici (pr. al costo): acquistati prima del 1903 L.	743 81		
„ „ „ nel 1903. .	295.50		
		1,039.31	
Contanti, sul libretto B. P. . . . . L.	1,361.60		
Rimanenza passiva: importo conti a pagare. .	100 —		
. L.	1,261 60		
Cassa	311.60		
		1,573.20	
Totale . . . L.		3,412.51	

Il Presidente
Ing. Angelo Bertini.

Il Cassiere: Angelo Bianchi.

Il Segretario: Ing. Guido Semenza.

Revisori: Ing. Maurizio Vitale.
„ Ing. Ernesto Fumero.

Digitized by Google

Sezione di Milano. Conto Preventivo dell'anno sociale 1904. Sezione di Milano.

PATRIMONIO SOCIALE al 1° Gennaio 1904.		
Mobili (valore attuale) . . . . . L.		200 —
Biblioteca: libri (prezzo al costo)		600 —
„ periodici (prezzo al costo)		1,039.31
Contanti, sul libretto B. P. . . . . L. 1,361.60		
Rimanenza passiva: importo conto a pagare . . 100 —		
	1.261.60	
Cassa . . . . . L.	311.60	
		1,573.20
		3,412.51
RENDITE.		
Contributi di N. 150 Soci individuali residenti. . L. 4,500 —		
„ „ 90 „ „ non residenti . 1,800 —		
„ „ 60 „ collettivi . . . . . 2,400 —		
	8,700 —	
Soci paganti N. 300		
Interessi sul libretto B. P. . . . . L.	70 —	
Totale Rendite . . .	8,770 —	
SPESE.		
Affitto e servizi . . . . . L. 2,000 —		
Contributi alla Sede Centrale . . . . . 3,600 —		
Stipendio al contabile . . . . . 480 —		
Stampati . . . . . 400 —		
Cancelleria, rilegature . . . . . 150 —		
Spese di posta, ecc. . . . . 380 —		
„ riscossione contributi . . . . . 125 —		
Gratificazioni. . . . . 120 —		
Conferenze. . . . . 200 —		
Totale Spese	7,455 —	
Presumibile avanzo Esercizio 1904		1,315 —
PRESUMIBILE PATRIMONIO SOCIALE al 31 Dicembre 1904.		4,727.51
Mobili (valore attuale) . . . . . L.	200 —	
Biblioteca:		
Libri (prezzo al costo): acquistati prima del 1904. L. 600 —		
„ „ da acquistarsi nel 1904 . . 500 —		
	1,100 —	
Periodici (pr. al costo): acquistati prima del 1904. L. 1,039.31		
„ „ da acquistarsi nel 1904 . . 297.20		
	1,336.51	
Contanti, sul libretto B. P . . . . . L.	2,091 —	
Totale . . . L.	4,727.51	

Il Presidente
Ing. Angelo Bertini.

Il Cassiere: Angelo Bianchi.

Il Segretario: Ing. Guido Semenza.

Revisori: Ing. Maurizio Vitali.
„ Ing. Ernesto Fumero.

Digitized by Google

SEZIONE DI NAPOLI.

Adunanza del 21 febbraio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Discussione del bilancio sociale.
2° Istituzione di una sala di lettura comune con la Società ingegneri, architetti e industriali.
3° Comunicazioni della Presidenza.

Il Cassiere presenta il bilancio consuntivo del 1903 e preventivo del 1904, già approvati dal Consiglio direttivo, e chiusi con un residuo attivo rispettivamente di L. 682.07 e di L. 1065.57. Essi vengono approvati in linea preliminare, salvo la revisione del bilancio consuntivo che viene affidata ai soci ingegneri Tajani e Foà.

Viene approvato ad unanimità il progetto formulato d'istituire a titolo di prova, esternamente ai locali della R. Scuola di Applicazione per gl'Ingegneri, difficilmente accessibili ad una parte dei soci, e chiusi nelle ore serali, una sala di lettura in comune con la Società degl'Ingegneri, Architetti e Industriali, nella quale si vengano raccogliendo quelle pubblicazioni periodiche che sono di proprietà della Sezione ovvero della Sede Centrale, fissa restando nei locali della Scuola degl'Ingegneri la sede ufficiale della Sezione per tutte le riunioni e l'ufficio di segreteria. Giusta gli accordi già presi dal Consiglio direttivo con la Presidenza della Società Ingegneri, Architetti e industriali, la sala di lettura sarà istituita nei locali di questa Sezione, Via Santa Brigida, n. 64, e rimarrà aperta dal 1° di marzo dalle ore 11 alle 16 e dalle 20 alle 23 accordandosi ad essa libero ingresso ai soci della Sezione contro presentazione della tessera ed iscrizione in apposito registro. Il contributo della Sezione nelle spese della Società Ingegneri, Architetti e Industriali sarà limitato alla metà delle maggiori spese che si incontreranno per la rimunerazione del custode e per la illuminazione e che sono previste in una misura non eccedente L. 30 mensili complessivamente. La spesa a conto della Sezione della A. E. I. è portata nel bilancio 1904 ad una somma maggiore di L. 250 per l'eventualità di bisogni imprevedibili e per l'acquisto di libri adatti o di qualche giornale ulteriore.

L'esperimento che le due Società iniziano con la fiducia di rendere un servizio desiderato ad una gran parte dei soci preluderà nel caso di riuscita felice alla organizzazione di una federazione più larga e completa fra le diverse associazioni tecniche con l'intendimento di trovare per esse una sede comune più adatta e di trasferirvi ufficialmente le singole amministrazioni ed i locali di riunione.

Il presidente comunica all'Assemblea l'ammissione dei nuovi soci individuali signori ingegneri Ricco, Garelli, Grillo, Cappa, Acquaviva, Coppola,

Digitized by Google

e dei soci studenti Vallauri, Nascia, Franzi, Di Nola, Rocco, Giorgi, Magnani, Bruno, Del Nunzio;

Proclama, in seguito a deliberazione regolare del Consiglio direttivo, soci morosi i signori ingegneri Di Pace, Odovaine, De Julio e Porcinari dichiarandoli cancellati dalle liste dell'Associazione;

Dà notizia dei lavori delle altre Sezioni;

Comunica l'adesione al programma dei lavori formulato dalla Presidenza, di una gran parte dei soci della Sezione;

Annunzia i titoli di conferenze promesse dai soci Tajani, Milone, Bonghi, De Biase, Lombardi;

Comunica la risposta negativa pervenuta dal direttore della Società Anonima dei Tramways Napoletani alla richiesta di abbonamenti speciali in favore dei soci della A. E. I.;

Propone all'Assemblea di approvare due leggere varianti agli articoli 1 e 23 del regolamento interno, nel 1° dei quali si ricordino le principali deliberazioni con le quali venne votato e modificato lo statuto sociale, e nel 2° si fissi alla metà del numero dei membri componenti, quello dei voti necessari per la validità delle deliberazioni del Consiglio direttivo.

Entrambe queste modifiche vengono approvate senza discussione.

Il Segretario
Ing. L. De Biase.

Adunanza del 6 marzo 1904.

Ordine del giorno:

1° Relazione dei revisori dei conti ed approvazione dei bilanci.
2° Ordinamento tecnico dei servizi telegrafici e telefonici in Italia;
3° Comunicazioni della Presidenza.

Viene letta la relazione dei revisori nella quale si constata la perfetta regolarità della gestione, rilevando l'importanza che la convocazione a Napoli dell'ultimo Congresso annuale ha avuto per l'incremento della Sezione. Si dichiarano definitivamente approvati i bilanci. Viene rivolto uno speciale ringraziamento al Cassiere della Sezione.

Il Presidente comunica una lettera del Presidente Generale con cui si richiama in questo momento di profonde modificazioni nell'ordinamento del Ministero delle poste e telegrafi, l'attenzione della Sezione sulla grave questione dei servizi centrali telefonici e telegrafici e sulle deliberazioni già precedentemente prese dalla A. E. I. nell'intendimento di ottenere un'organizzazione di quei servizi più razionale e di eliminarne gl'inconvenienti lamentati per la deficienza di un personale tecnico competente e delle scuole atte a formarlo.

Egli riassume per sommi capi tutti i precedenti della questione e dà notizia della discussione già avvenuta fin dal mese di dicembre in seno al

Digitized by Google

Consiglio direttivo della Sezione quando a questo venne comunicato l'ordine del giorno votato dalla Sezione di Roma su proposta del dott. Manzetti il 21 di quel mese. Il Consiglio direttivo non aveva allora creduto opportuno di sottoporre l'ordine del giorno Manzetti al voto della Sezione per la forma che esso rivestiva e nella quale la questione era considerata da un punto di vista che pareva uscire in parte dalle competenze di un'associazione tecnica. Ora però, di fronte al richiamo assennato della Presidenza generale, il presidente crede veramente opportuno che la Sezione discuta la grave questione e dia col suo voto valido appoggio all'iniziativa che la Presidenza centrale intende assumere di fronte al Governo.

Egli presenta perciò un ordine del giorno che fu già approvato in precedenza dal Consiglio direttivo, e che, dopo matura discussione da parte dei soci Foà, Boubée e Garelli, viene, con una leggera variante, proposta dal socio Bonghi, votato ad unanimità:

" La Sezione di Napoli della A. E. I. riunita in assemblea ordinaria, avendo presa conoscenza della discussione avvenuta nella Sezione di Roma il 21 dicembre 1903 sul problema della telefonia in Italia, e rievocato l'ordine del giorno dell'assemblea generale del 1901, che rimase sino ad ora senza effetti, di fronte all'importanza ognora crescente dei sistemi di segnalazione telegrafica e telefonica ed alla lamentata mancanza di un ufficio tecnico competente e di una vera e propria scuola superiore di telegrafia e telefonia in Italia, fa voto perchè sulle basi dell'ufficio tecnico che già esisteva, venga creata alla dipendenza del Ministero delle poste e telegrafi una speciale Direzione tecnica con l'incarico di studiare dal lato scientifico e pratico in modo esauriente tutti i problemi relativi assegnandole i mezzi adeguati per le ricerche sperimentali, ed agevolando la formazione di un personale tecnicamente istruito, mediante l'istituzione di apposite scuole. „

Il presidente comunica l'ammissione avvenuta dei nuovi soci individuali effettivi, signori

ing. Nicolais Michele
ing. Giordano Carlo

ed il passaggio alla nostra dalla Sezione di Roma del socio individuale ing. Giudice Francesco.

Il Segretario
Ing. L. De Biase.

Digitized by Google

Sezione di Napoli. **Bilancio consuntivo per l'anno 1903.** **Sezione di Napoli.**

Attivo		Passivo	
Residuo esercizio precedente . . . . . L.	376. 98	Contributo alla Sede Centrale. . . . . L.	830 —
Contributo soci individuali residenti	1,624. 00	Abbonamento *Elettricista, Electrician, Verein* . .	107 —
„ „ „ non residenti . . .	63 —	Usciere antica sede per mesi 4	20 —
„ „ collettivi.	384 —	Dritti di esazione all'antico esattore	42. 76
Tassa d'ammissione.	200 —	All'aggiunto di Segreteria	90 —
Interessi sul libretto N. 16247.	13. 94	Allo stesso per dritti esazione	42. 60
		Spese stampe e posta	398. 30
		Spese erogate pel Congresso annuale dedotta la contribuzione della Sede Centrale	487. 35
		Mance e gratificazioni.	57 —
		Residuo attivo pel 1904	586. 91
Totale. . . . L.	2,661. 92	Totale. . . . L.	2,661. 92

Il Segretario
Ing. L. De Biase.

Digitized by Google

Attivo		Passivo	
Residuo esercizio precedente . . . . . L.	586. 91	Contributo alla Sede Centrale. . . . . L.	1,180 —
Contributo soci individuali residenti . N. 93. .	2,232 —	Abbonamento giornali.	84. 50
„ „ „ non residenti „ 7. .	126 —	All'aggiunto di Segreteria	240 —
„ „ collettivi. . . . . „ 9. .	432 —	Allo stesso per diritti esazione	120 —
„ „ studenti . . . . . „ 9. .	108 —	Spese di stampa	240 —
„ „ nuovi probabili	200 —	„ posta ed altro	200 —
		Mancie e gratificazioni	100 —
		Acquisto libri e spese per la sala di lettura . .	250 —
		Imprevisti	300 —
		Residuo attivo pel 1905	970. 41
Totale. . . . L.	3,684. 91	Totale. . . . L.	3,684. 91

Il Segretario
Ing. L. De Biase.

Digitized by Google

SEZIONE DI PALERMO.

Adunanza del 22 dicembre 1903.

ORDINE DEL GIORNO:

Comunicazioni della Presidenza.

Si approva il verbale della seduta precedente.

Quindi il presidente, prof. Pagliani, comunica una lettera del Ministero di agricoltura, industria e commercio, con la quale si fa invito agli elettricisti italiani di concorrere all'esposizione di Saint Louis, come pure altra lettera della sede centrale sul medesimo oggetto.

In seguito il presidente legge le aggiunte allo statuto, approvate col *referendum* del 15 giugno 1903, riguardanti la creazione della categoria soci studenti, ed invita l'assemblea a voler passare alla discussione delle norme di ammissione dei soci studenti. L'assemblea ritiene opportuno delegare allo scopo una Commissione speciale, che viene subito nominata scegliendo a costituirla i soci ing. Ottone, ing. Buttafarri, prof. Corbino.

Infine il presidente comunica una lettera della Presidenza generale, nella quale s'invita la Sezione a prendere in esame l'ordine del giorno approvato dalla Sezione di Roma, in relazione alla conferenza fatta dal dott. Manzetti circa il " problema della telefonia in Italia. „

Il presidente per sommi capi riassume tale conferenza e legge l'ordine del giorno votato dalla Sezione di Roma, proponendo che la nostra Sezione si associ ai voti di quella di Roma, il che è approvato all'unanimità.

Il Segretario
G. BUTTAFARRI.

Adunanza del 9 febbraio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Elezione di un delegato al Consiglio generale, in sostituzione del professore Ovazza, scadente e non rieleggibile.
2° Elezione di un consigliere di Sezione.
3° Approvazione del bilancio consuntivo 1903 e del preventivo 1904.
4° Elezione dei revisori dei conti per l'anno 1904.

Viene letto ed approvato il verbale della seduta precedente.

In seguito il presidente, prof. Pagliani, invita l'assemblea a procedere all'elezione del delegato al Consiglio generale, in sostituzione del prof. Ovazza, scadente e non rieleggibile, e risulta eletto il prof. comm. Damiano Macaluso.

Si passa quindi alla seconda parte dell'ordine del giorno.

Digitized by Google

Tra i consiglieri attuali viene sorteggiato l'ing. Bonaccorsi, al cui posto in seguito a votazione, viene assunto il sig. ing. Di Simone Guglielmo.

Dopo ciò il presidente dà la parola al cassiere ing. Agnello, il quale riferisce in ordine al bilancio consuntivo 1903 e preventivo 1904, già esaminati e vistati dai revisori dei conti, ed in seguito a tale relazione i bilanci medesimi risultano approvati.

Si procede infine all'elezione dei revisori dei conti per l'anno 1904, riuscendo confermati gli uscenti, ing. Patti ed ing. Parenti.

Il Segretario
G. Buttafarri.

SEZIONE DI TORINO.

Adunanza del 25 gennaio 1904.

Ordine del giorno:

Relazione della Commissione nominata per riferire sul proposto impianto idro-elettrico municipale.

Presiede il presidente ing. Vincenzo Soldati.

Son presenti 52 soci.

Il **Presidente** ricorda l'ordine del giorno dell'assemblea 8 gennaio nella quale venne eletta una Commissione per riferire entro 15 giorni sul proposto impianto idro elettrico municipale. Prima di dare la parola al relatore, ing. Silvano, avverte che è libera la discussione ai soci delle Società federate, stati invitati, ma che il voto è riservato ai membri della A. E. I. affinchè esso ne sia la vera espressione.

Silvano legge la relazione, salutato alla fine da vivi applausi.

Salomone ringrazia del cortese invito e dell'accenno alla relazione fatta sull'argomento dalla Commissione nominata dalla Società promotrice dell'industria nazionale; spiega i diversi concetti da cui partirono le due relazioni, che nella conclusione sostanziale si trovano d'accordo.

Fumero desidera sapere dal relatore come considera il nesso fra la 2ª conclusione e 1ª; dalle statistiche germaniche, poichè mancano le italiane, fatta la proporzione fra i diversi prezzi del carbone, dedurrebbe un maggior costo medio del cavallo.

Silvano risponde che la conclusione accenna ai prezzi massimi applicati in Torino per piccole e medie unità, e non ai prezzi medi, nè alla media dei prezzi.

Thovez prega di dare lettura di lettera della Società Elettr. Alta Italia alla Commissione in risposta ai quesiti postile da questa.

Segre legge la lettera.

Digitized by Google

Fumero non è sodisfatto. I prezzi massimi crede siano pagati da consumatori della classe ricca, pei quali non esiste l'opportunità di fare un impianto municipale. Del resto trova la relazione equilibrata ed equa; quanto alla questione di principio forse non spetta a noi risolverla.

Silvano crede che il Municipio possa intervenire per far abbassare le tariffe ai piccoli utenti di forza motrice e di luce. Le piccole e medie industrie sono precisamente quelle che pagano più caro e quelle più atte ad essere sviluppate con vantaggio della ricchezza cittadina.

Diatto osserva che la Commissione è partita dal concetto non di considerare la questione di principio, ma il caso nel quale il Comune voglia fare assolutamente un impianto.

Fumero crede sia bene spiegare che si tratta non di energia in genere ma di forza motrice per la quale ritiene anch'egli si possano avere prezzi migliori.

Silvano conferma che si tratta di energia, tanto per forza motrice, quanto per luce.

Salomone ricorda che il Municipio abbandonò il contratto che aveva con la Società Elettr. Alta Italia di usufruire di 1000 cav. a 150 lire, che avrebbe potuto distribuire alla piccola industria.

Guidetti dice che dalle conclusioni gli sembra che la Commissione sia di parere che il Municipio faccia un impianto.

Il **Presidente** a schiarimento dichiara che in realtà la maggioranza della Commissione ritiene opportuno che il Municipio funzioni da calmiere, ma la minoranza invece è contraria ad ogni intervento del Comune. Ad ogni modo vi sono due punti distinti da considerare: deve il Municipio fare qualche cosa? E, nel caso affermativo, deve essere un grande impianto oppure uno piccolo, per esperimento? Il primo punto è per l'A. E. I. meno importante del secondo. Per decidere su di esso occorrerebbe quasi essere profeti, mentre sul secondo possiamo dire con certezza che se il Municipio fa un grosso impianto corre un grave rischio e che invece con un piccolo impianto termico, il quale possa eventualmente divenire la riserva di un grande impianto idraulico, farebbe un passo prudente.

Imoda non crede pratico un impianto termico di 1500 cavalli e ritiene che meglio di un tentativo sarebbe conveniente un grande impianto oppure far nulla.

Barosi crede che al primo comma delle conclusioni si possa parlare di energia in genere e non solo di energia elettrica. Trova esagerate le cifre accennate dal Fumero del costo del cavallo termico. Vorrebbe si dicesse nelle conclusioni: ritiene conveniente l'impianto termico prima dell'idraulico.

Francesetti accenna ad una misura fatta del salto di Salbertrand che diede 2600 litri e non 3500, come computa la Commissione. Corrobora con dati la probabilità di magre assai inferiori ai 3500 litri, per cui il prezzo del cavallo ne verrebbe assai aumentato.

Il **Presidente** dichiara che fra i dati assunti dalla Commissione vi sono misure fatte durante 15 anni e ritiene che l'eccezionale minima di un giorno

Digitized by Google

dovuta a cause eccezionalissime e ricorrenti a periodi lunghissimi, non debba essere presa come elemento fondamentale di giudizio.

Silvano osserva che la Commissione accolse, anche per essere ottimista, il computo di 3500 litri e rileva che non ne sono infirmate affatto le conclusioni a cui giunse.

Barbieri comunica che la Cenischia non discese mai negli ultimi 6 anni al disotto di 800 litri e solo in un giorno a 750; quindi ne deduce che la Commissione è stata ancora larga nei suoi calcoli.

Silvano rispondendo ad Imola se si sia tenuto conto della spesa della rete dice che essa potrebbe limitarsi per ora ad alcuni rioni non trattandosi d'illuminazione pubblica, ma solo di un esperimento per aiutare la piccola industria e far ribassare i prezzi attuali.

Fumero non crede di avere esagerato come pretende l'ing. Barosi. Questo ha citato un consumo a collaudo. Bisogna tener conto, anche trascurando la non indifferente spesa dell'olio, che non sempre l'impianto lavora a pieno carico e che per qualche ora le macchine funzionano a vuoto. Dall'esempio di Trieste e dalle statistiche germaniche, molto accurate, ritiene giuste le sue affermazioni.

Treves osserva che se il Municipio fa l'impianto, gli utenti nei punti più lontani e diversi della città pretenderanno energia, quindi non potrà fare una rete a scartamento ridotto.

Il **Presidente** riassume la discussione; crede che ormai l'assemblea possa pronunciarsi sulla relazione.

Capuccio è favorevole alle proposte della Commissione nelle quali riscontra un equilibrato modo di risolvere la questione; propone il seguente ordine del giorno:

" L'assemblea plaude all'operato della Commissione e, accogliendo i criteri esposti nella relazione da essa presentata, approva le conclusioni relative. „

Il **Presidente** mette ai voti l'ordine del giorno Capuccio.

Viene approvato.

La seduta è levata alle ore 23.30.

Il Segretario
Ing. Enrico Segre.

Adunanza del 28 gennaio 1904.

Ordine del giorno:

Conferenza del socio ing. Adolfo Hess su « il radio, le sue proprietà ed applicazioni », illustrata da esperienze.

L'ing. Hess, dopo aver fatto numerose e riuscitissime esperienze parla a lungo sul radio e la radioattività, accolto alla fine da vivi applausi.

La seduta è levata alle ore 23.30.

Il Segretario
Ing. Enrico Segre.

Digitized by Google

Adunanza del 11 marzo 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Relazione della Commissione del bilancio.
2° Conto consuntivo 1903.
3° Bilancio preventivo 1904.
4° Conferenza del socio ing. Adolfo Hess su « il selenio, le sue proprietà e le sue applicazioni » illustrata da esperienze.

Presiede il vice presidente ing. Ettore Thovez.

Sono presenti 38 soci.

Guagno legge la relazione della Commissione del bilancio.

Segre presenta il conto consuntivo 1903 allegato al presente verbale e ne dà ampio schiarimento.

Il **Presidente** mette ai voti la relazione e il consuntivo 1903. L'assemblea approva all'unanimità.

Peyron domanda alla Presidenza di raccomandare alla Sede centrale che i sunti delle Conferenze pubblicati negli *Atti* siano più diffusi.

Il **Presidente** trasmetterà a Roma il desiderio espresso dal Socio Peyron.

Hess fa la Conferenza all'ordine del giorno, con numerosi e riuscitissimi esperimenti, accolto alla fine da calorosi applausi.

La seduta viene levata alle ore 23.

Il Segretario
Ing. ENRICO SEGRE.

Digitized by Google

Conto consuntivo 1903.

	Attivo		Passivo	
	Preventivo	Consuntivo	Preventivo	Consuntivo
Cassa al 31 dicembre 1902 . L.	2,811. 76	2,811. 76		
Quote Soci ordinari	3,000 —	3,720 —		
„ „ non residenti . . .	600 —	800 —		
„ „ collettivi	1,040 —	1,160 —		
Interessi	. .	116. 20		
Alla Sede Centrale	. .	. .	1,680 —	2,083. 65
Alla Federazione	. .	. .	1,900 —	1,985 —
Spese di Segreteria e varie . .	. .	. .	450 —	434 25
Abbonamento a periodici. . .	. .	. .	300 —	258. 35
Spese per la Biblioteca . . .	. .	. .	650 —	558. 35
Spese impianto straordinario .	. .	. .	150 —	136. 25
Spese varie e impreviste . . .	. .	. .	250 —	77. 50
Acquisto macchina da scrivere "Mimeograph„ ed accessori	. .	. .	. .	317. 50
Saldo Cassa.	. .	. .	2,071. 76	2757. 11
L.	7,451. 76	8,607. 96	7,451. 76	8,607. 96

Bilancio preventivo 1904.

	Attivo	Passivo
	Preventivo	Consuntivo
Quote Soci ordinari n. 130 . . L.	3,900 —	
„ „ non residenti n. 35. .	700 —	
„ „ collettivi n. 25 . . .	1,000 —	
Alla Sede Centrale	. .	2,070 —
Alla Federazione	. .	2,000 —
Abbonamento a periodici	. .	300 —
Acquisto libri	. .	220 —
Spese di Segreteria e varie . . .	. .	500 —
Cancelleria, stampati, conferenze .	. .	200 —
Spese d'impianto e manutenzione.	. .	200 —
Passività 1903 a liquidarsi . . .	. .	30 —
Impreviste e casuali.	. .	80 —
L.	5,600 —	5,600 —

Stato patrimoniale.

	Al 31 dicembre 1902	Al 31 dicembre 1903
Cassa in contanti e su libretto Banca Commerciale Italiana . L.	2,811. 76	2,757. 11
Mobilio ed oggetti diversi (valore attuale)	1,894 —	2,100 —
Macchina da scrivere "Mimeograph„ ed accessori	. .	367. 50
Libri e periodici (prezzo d'acquisto).	. .	750 —
„ donati (valore d'estimo)	15 —	100 —
L.	4.720. 76	6,074. 61

Il Cassiere: Ing. A. Luino *Il Presidente:* Ing. Vincenzo Soldati *Il Segretario:* Ing. Enrico Segre

I Revisori: Ing. T. Chiesa - Ing. G. Frascari - Ing. E. Guagno - Ing. A. Vinca.

Digitized by Google

AGGIUNTA ALL'ELENCO DEI SOCI

Soci ammessi dal 1° al 30 aprile 1904

SEZIONE DI BOLOGNA.

SOCI INDIVIDUALI.

Pancaldi Augusto, Mura Lame, 17-19, Bologna.

SEZIONE DI FIRENZE.

SOCI INDIVIDUALI.

Morghen prof. Arnolfo, R. Liceo Michelangelo, Via della Colonna, Firenze.

SEZIONE DI GENOVA.

SOCI INDIVIDUALI.

Ravà ing. Emilio, Via S. Luca, 10, Genova.

SEZIONE DI MILANO.

SOCI INDIVIDUALI.

Brazzola ing. Carlo Vincenzo, Corso Genova, 16, Milano.
Mazzola cav. Paolo, Bergamo.
Pizzi Luigi, Gerente della Ditta L Pizzi e C., Via XX Settembre 20, Busto Arsizio.
Valenti ing. Paolo, Via Umberto I, 2, Casalmaggiore (prov. di Cremona).

Digitized by Google

SEZIONE DI PADOVA.

SOCI INDIVIDUALI.

Levi-Civita comm. avv. Giacomo, Via Altinate, 14, Padova.
Olian Fannio ing. Licinio, Padova (Chiesanuova).

SEZIONE DI TORINO.

SOCI INDIVIDUALI.

Dumontel Ascanio, Chimico presso il Dinamitificio Nobel, Avigliana (Torino).
Rostain Giuseppe, Via XX Settembre, 11, Torino.

Soci esistenti al 31 marzo 1904		N. **1083**
Soci ammessi dal 1° al 30 aprile 1904	**individuali** „	**11**
	collettivi „	—
TOTALE al 30 aprile 1904		N. **1094**

Prof. Moisè Ascoli, *Redattore-responsabile*

Roma - Tip. dell'Unione Cooperativa Editrice - Via Federico Cesi, 45.

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTIZIE

DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

E

Verbali delle Sedute delle Sezioni

SEDE CENTRALE.

A) La **" Società d'Incoraggiamento in Padova "** *comunica alla Presidenza il seguente*

AVVISO DI CONCORSO

a due premi di lire CINQUEMILA ciascuno

di fondazione PEZZINI-CAVALLETTO.

È aperto il concorso a premio di lire *cinquemila* per una memoria inedita sul riproposto tema:

" Considerare con uno studio completo teorico pratico quali sieno allo " stato attuale i risultati dell'impiego dell'energia elettrica alla trazione ferroviaria e congeneri dei diversi paesi, indicando dal punto di vista tecnico " ed economico il modo migliore per giungere ad utilizzare a questo scopo " le forze idrauliche inoperose esistenti in Italia. "

Ad altro premio di lire *cinquemila* per una memoria inedita sul nuovo tema:

" Scoprire un nuovo e pratico mezzo mercè il quale si possa formulare " con sicurezza la diagnosi precoce di pellagra, anche in colui che non presenta ancora le note stimmate cliniche della malattia. "

Al concorso non possono partecipare che italiani.

Esso rimane aperto a tutto il 30 giugno 1906. Entro tale termine le memorie dovranno essere trasmesse, franche di porto, all'Ufficio di Presidenza della Società d'Incoraggiamento nella sua sede in Padova.

Le memorie dovranno essere anonime, e venir contraddistinte da un motto ripetuto sopra una scheda suggellata, contenente il nome, cognome e domicilio dell'autore.

Sarà aperta la sola scheda della memoria premiata, e tutti i manoscritti rimarranno nell'archivio sociale, a corredo del proferito giudizio, con facoltà agli autori di farne trarre copia a loro spese.

La proprietà di tutte le memorie, compresa la premiata, resterà ai rispettivi autori.

L'esame ed il giudizio sui lavori presentati saranno deferiti a due distinte Commissioni, ciascuna delle quali sarà composta di tre persone competenti, elette dal Comitato esecutivo della Società d'Incoraggiamento.

Digitized by Google

I giudizi delle Commissioni, che saranno resi pubblicamente noti, sono inappellabili. I due premi sono indivisibili.

Ciascun lavoro premiato, premessavi la relazione della rispettiva Commissione giudicatrice, verrà pubblicato a cura e spese dell'autore, il quale ne consegnerà cinque copie alla Società d'Incoraggiamento.

Il pagamento del premio verrà fatto subito dopo adempiuti tali obblighi.

Padova, 9 giugno 1904.

Il Presidente: G. Catticich.

B) Deliberazioni del Consiglio generale. — Il Consiglio generale, con votazione chiusa il 20 giugno delegò a rappresentanti ufficiali dell'A. E. I. nel Congresso Internazionale di St. Louis, il presidente prof. M. Ascoli ed i vicepresidenti prof. G. Grassi ed L. Lombardi.

SEZIONE DI MILANO.

Egregio Signore,

Con circolare dell'aprile 1903, ella veniva invitata a cooperare ad una raccolta di dati statistici sui fenomeni temporaleschi.

Le ragioni e gli scopi dell'inchiesta erano così indicati:

" Una delle principali ragioni per cui la tecnica dei sistemi di protezione contro le scariche atmosferiche negl'impianti di trasmissione elettrica si trova così poco avanzata, sta nelle difficoltà grandissime che s'incontrano nel venire a completa conoscenza dei fenomeni stessi e dei loro effetti. Il Consiglio della sezione di Milano di quest'Associazione elettrotecnica italiana, conscio dell'importanza del problema e reputando essere compresa nelle sue funzioni quella di dare appoggio a ricerche di ordine collettivo, per le quali l'Associazione si trova in posizione opportuna, ha deciso di prendere l'iniziativa di una inchiesta sulla questione. „

I risultati del primo anno d'inchiesta compariranno in breve negli Atti dell'Associazione, ed un estratto della relazione verrà inviato a chi ne farà richiesta a questa segreteria.

Tali risultati hanno dimostrato quanto interessante ed utile tale raccolta potrà riescire se continuata per un certo numero d'anni: confido quindi che ella vorrà cooperare a tale lavoro di raccolta, il quale consiste, come è noto, nell'invio da parte sua di un modulo, debitamente riempito, di cui si acclude campione, possibilmente dopo ogni temporale, *anche nel caso in cui nessun fenomeno anormale si presenti.*

Al ricevere della di lei risposta affermativa, le saranno spediti n. 50 moduli o quel numero che ella crederà di richiedere.

Gradisca intanto i nostri distinti saluti.

Il Presidente
Ing. A. Bertini.

Il Segretario
Ing. G. Semenza.

Digitized by Google

SEZIONE DI NAPOLI.

Adunanza del 22 maggio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Proclamazione dei nuovi soci.
2. Elezione di un Consigliere in sostituzione dell'Ing. De Cristofaro, dimissionario.
3. Comunicazione del Prof. L. Lombardi sopra i *Condensatori elettrici per alta tensione.*

Presiede il Presidente prof. Lombardi. Presenti n. 25 soci e parecchi invitati.

Si dà lettura del verbale precedente e si approva senza osservazioni.

Si comunica l'ammissione avvenuta dopo l'ultima Assemblea dei signori:

Ing. Astuni Giuseppe a socio individuale residente
Dott. Arienzo Gabriele „ „ „
Coppola Raffaele „ studente.

Il **Presidente** comunica le dimissioni dell'ing. De Cristofaro da Consigliere della Sezione motivate con ragioni di assoluto impedimento a partecipare ai lavori della Presidenza. L'Assemblea ne prende atto con rammarico e procede alla votazione segreta per l'elezione del nuovo Consigliere; risulta eletto con voti 13 l'ing. cav. **Gustavo D'Orso.**

Vengono comunicate le lettere di dimissione presentate dai soci prof. E. Semmola ed ing. F. Benevento, di cui l'Assemblea prende atto colla riserva che abbiano effetto dal 1° gennaio 1905.

Il **Presidente** dà notizia all'Assemblea delle ultime comunicazioni pervenute dalla Sede Centrale in merito alla escursione americana a cui si sono iscritti in totale 35 soci dell'A. E. I., di cui 4 della Sezione di Napoli.

Il prof. **Lombardi** tiene una comunicazione con dimostrazioni sperimentali sopra i *Condensatori elettrici per alta tensione,* la quale non dà luogo a discussione e verrà pubblicata negli Atti.

SEZIONE DI ROMA.

Adunanza del 18 novembre 1903.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Inaugurazione dei lavovi della Sezione.
2. Lettura del presidente sui « progressi moderni della trazione elettrica ».

Il **Presidente,** ing. Giovanni Giorgi, inaugura i lavori della Sezione con una lettura sui " progressi moderni della trazione elettrica. „

Il prof. **M. Ascoli** prende quindi la parola per commemorare il compianto socio colonnello Pescetto.

Il Presidente
Ing. G. GIORGI.

Il Segretario
Ing. C. CIAMPI.

Digitized by Google

Adunanza del 7 dicemdre 1903.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Comunicazioni della Presidanza.
2. Lettura del dott. Manzetti sulle « turbine a vapore ».

La seconda e ultima parte della lettura del presidente sui « progressi moderni della trazione elettrica » avrà luogo nella prossima riunione.

Il **Presidente** comunica all'assemblea i nomi dei nuovi soci:

Ing. Attilio Rossi;
Ing. Carlo Bocci;
Rag. Gioacchino Acton;
Ministero della marina.

E dei soci dimissionari:

Ing. Mariano E. Cannizzaro;
Ing. Carlo Tonelli;
Ing. Ernesto Marotti.

Dà poi comunicazione delle disposizioni stabilite dalla sede centrale per l'ammissione dei soci studenti.

Il prof. **Ascoli** dà lettura dell'indirizzo presentato dall'Associazione elettrotecnica inglese al nostro Re, nell'occasione del recente viaggio in Inghilterra, e dei telegrammi scambiati fra la nostra Associazione e la consorella di Londra. Prende infine la parola il dott. **Manzetti** per una interessante lettura sulle turbine a vapore.

Il Presidente
Ing. G. GIORGI.

Il Segretario
Ing. C. CIAMPI.

Adunanza del 21 dicembre 1903.

ORDINE DEL GIORNO:

Seconda parte della lettura del presidente sui « progressi moderni della trazione elettrica ».

Il **Presidente,** ing. Giovanni Giorgi, continua e termina la lettura sui " progressi moderni della trazione elettrica, „ già incominciata nella seduta del 18 novembre u. s.

Il Presidente
Ing. G. GIORGI.

Il Segretario
Ing. C. CIAMPI.

Digitized by Google

Adunanza dell' 11 gennaio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Comunicazioni della Presidenza.
2. Resoconto di notizie:
   Misura delle piccole induttanze - Comparazione delle luci colorate - Intensità della luce solare - Trazione elettrica monofase - Prove di un turbo-generatore Parsons - Trazione elettrica sulla New York Central Railway - Trazione elettrica sulla Lancashire-Yorkshire Railway - Trasmissione a corrente continua a 20,000 volt a Osanna.
3. Comunicazione dell'ing. Revessi sulle « osservazioni e proposte per la unificazione dei simboli in elettrotecnica ».
4. Elezione di due consiglieri delegati della sezione di Roma presso la Sede centrale dell'A. E. I.

Dopo il resoconto di notizie, fatto dal **Presidente,** ing. Giovanni Giorgi, si procede alla votazione per la nomina di due consiglieri delegati presso la Sede centrale, uno dei quali in sostituzione del consigliere Rodano scaduto per turno e non rieleggibile.

Presenti, 19.

Ing. Revessi, 18;
„ Gentili, 13;
„ Brunelli, 5;
„ Colombo, 2.

Eletti i signori Revessi e Gentili.

Il Presidente
Ing. G. GIORGI.

Il Segretario
Ing. C. CIAMPI.

Adunanza del 1° febbraio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Resoconto di notizie:
   Le proprietà dol radio - Turbine a vapore e generatrici dimorfe a Glascow - I raggi emessi dal corpo umano - Nuovo sistema di condutture a contatti superficiali per trazione elettrica - La trazione elettrica sulla North-Eastern Railway - Rotazione delle linee magnetiche.
2. Comunicazione del prof. R. Manzetti sulle « turbine a vapore (2ª parte).

Il **Presidente,** ing. Giovanni Giorgi, fa un resoconto sommario delle riviste tecniche e dà poi la parola al dott. **Manzetti** che termina la sua comunicazione sulle turbine a vapore.

Il Presidente
Ing. G. GIORGI.

Il Segretario
Ing. C. CIAMPI.

Digitized by Google

Adunanza del 29 febbraio 1904.

Vengono letti e approvati i verbali delle sedute precedenti.

Il **Presidente,** ing. Giovanni Giorgi, accenna all'incremento subito dalla Sezione nell'anno 1903, e fa il riassunto dei lavori della Sezione durante l'anno 1903-1904, ricordando tutte le comunicazioni e conferenze più notevoli; svolge quindi una sua comunicazione sulla resistenza alla trazione.

Prende la parola il comm. **Lattes** per dare schiarimenti sulla situazione finanziaria della Società e sul bilancio preventivo pel 1904. Il bilancio consuntivo del 1903 e quello preventivo del 1904 sono approvati.

Si procede poi alla votazione per l'elezione del vicepresidente, dei tre consiglieri e del segretario scaduti tutti per turno.

Fatto lo spoglio delle schede si è avuto il seguente risultato:

Vicepresidente: prof. Majorana Quirino, voti 12, dispersi 2;
Segretario: ing. Fiorentini, voti 13;
Consiglieri: Di Pirro, 10;
„ Vita Finzi, 13;
„ Dell'Oro, 11.
Dispersi, voti 3.

Mancando il numero legale la votazione non è valida e si stabilisce di procedere a nuova votazione col sistema delle schede per posta.

Il Presidente — Ing. G. Giorgi. — *Il Segretario* — Ing. C. Ciampi.

Adunanza del 7 marzo 1904.

Ordine del giorno:

1. Comunicazioni della Presidenza.
2. Resoconto di notizie:

   L'accumulatore Edison - Nuove ricerche sui raggi N - Le lampade ad osmio - Nuovo metodo per produrre correnti elettriche - Il consumo di carbone nelle centrali elettriche - Trasmissione dei raggi N lungo i fili - Evoluzione dell'elio dal bromuro di radio - Perdita di energia negli isolatori di porcellane - Inaugurazione della « Great Northern and City Railway » di Londra - Trasmissione a grandissima distanza in America - Azione di un campo magnetico sui corpi debolmente luminosi.
3. Comunicazione dell'ing. G. Giorgi sulla « propagazione elettrica dei cavi ».

A proposito di quanto ha comunicato il **Presidente,** ing. G. Giorgi, sulle lampade ad osmio Auer, il socio **Gentili** aggiunge qualche notizia, desunta da quanto egli ha saputo alla Società Auer austriaca in un suo recente viaggio a Vienna. Prima di tutto, in merito alle diverse ipotesi che si sono fatte per ispiegare il maggior rendimento luminoso del filamento di

Digitized by Google

osmio, può dire che gli studi e le esperienze e misurazioni dirette dell'inventore dott. Carlo Auer von Welsbach e dei suoi collaboratori tendono piuttosto a confermare quella che basa tale maggiore rendimento sulla più elevata temperatura piuttosto che su uno speciale potere selettivo per le radiazioni luminose del filamento di osmio. Quanto allo stadio attuale della fabbricazione delle lampade, una delle più grandi difficoltà che ostacolavano fino ad ora una possibile larghissima diffusione, vale a dire la grande scarsità di materia prima, pare ora del tutto rimossa, in grazia agli abbondanti depositi di sabbie platinifere ricche di osmio, recentemente scoperte agli Stati Uniti, e che le Società interessate si sono assicurati; è invece tuttora oggetto di ricerche assidue sia a Berlino che a Vienna questo fenomeno, fino ad ora inesplicato; che una lieve percentuale di lampade, senza motivo apparente o differenza apprezzabile, presenta una diminuzione rapidissima del potere illuminante, diminuzione che è invece normalmente di appena il 10 per cento dopo 1000 ore di luce. Il dott. Auer intanto è riuscito a migliorare ancora il funzionamento della sua lampada, coll'introdurre nell'ampolla dell'ossigeno puro o misto ad un po' di azoto.

A domanda del Presidente, il socio Gentili risponde che vi sono attualmente due fabbriche di lampade ad osmio in Europa, cioè a Vienna e a Berlino, di proprietà rispettivamente della Società Auer austriaca e tedesca. La tensione massima per la quale si costruisce il filamento di osmio è di 17 a 18 volt; le lampade con due filamenti funzionano a 38 volt, quelle con tre filamenti — non ancora messe in commercio — a 55 volt. La Società Auer tedesca vende le lampade a marchi 4.75 l'una, ma riprende e paga le lampade esaurite e anche col filamento rotto; per facilitare l'applicazione delle lampade ad osmio senza bisogno di metterle in serie, ha messo in vendita un divisore di corrente, che ha il ventaglio, in confronto di un trasformatore, di un tendimento assai elevato e di un prezzo di costo molto modico; questo divisore suddivide l'abituale tensione di ca. 120 volt in tre parti, di circa 40 volt l'una, e fornisce così tre circuiti indipendenti sui quali le lampade da 38 volt possono essere collocate colla stessa libertà delle ordinarie lampade a filamento di carbone.

Il Presidente
Ing. G. Giorgi.

pel Segretario
Dott. Manzetti.

SEZIONE DI TORINO.

Adunanza del 21 marzo 1904.

Ordine del giorno:

Conferenza del socio ing. Vittorio Treves su « la lampada Nernst ».

Presiede il presidente ing. Vincenzo Soldati.

Treves legge la conferenza all'ordine del giorno, illustrandola con numerose esperienze. Alla fine viene calorosamente applaudito.

Digitized by Google

Pinna desidera di comunicare i risultati di esperimenti fatti alla Società Piemontese di elettricità su lampade Nernst, della A. E. G., ultimo modello, ricevute nel marzo 1904, che gli paiono abbastanza interessanti.

Le lampade sono del tipo da 0.5 ampère, 115 volt. Il cannello è per 100 volt; 15 volt sono assorbiti dalla resistenza addizionale.

L'esperimento è incominciato il 12 marzo, ore 17, terminato il 21 a ore 9. Durata totale ore 200.

Le lampade sono distinte coi numeri 1, 2, 3, 4, 5.

Energia assorbita a 115 volt:

N. 1	70	watt
„ 2	60	„
„ 3	60	„
„ 4	60	„
„ 5	60	„
Le 5 lampade	310	watt

quindi intensità media 0.52 ampère per lampada.

La durata media del periodo di accensione all'inizio è stata di 16″. Durante questo periodo le 5 lampade hanno assorbito 510 watt. Quindi le spirali di eccitazione (riscaldamento) richiedono un buon terzo di più di energia di quanto ne occorre per il funzionamento normale della lampada.

Prove fotometriche all'inizio. — Le prove fotometriche eseguite al fotometro Bunsen, con lampada-campione all'acetato di amile, candela Hefner, hanno dato i risultati seguenti:

N. 1 . . .	candele	(unità Hefner)	26
„ 2 . . .	„	„	30.5
„ 3 . . .	„	„	29
„ 4 . . .	„	„	24.5
„ 5 . . .	„	„	26
			136

quindi l'intensità media delle 5 lampade, misurata come sopra, fu di candele 27.2, il che corrisponde a watt per candela 2.27.

Il 17 marzo, dopo 100 ore di continuo funzionamento al potenziale variabile da 113 a 115 volt (tensione quest'ultima mai superata), furono rifatte le misure coi risultati seguenti:

N. 1	candele	23
„ 2	„	22.5
„ 3	„	24
„ 4	„	20
„ 5	„	21
		110.5

Digitized by Google

media per lampada 22.2, quindi dopo 100 ore di funzionamento la potenza luminosa media delle 5 lampade è diminuita di 7 candele.

Le misure fotometriche sono sempre state fatte col globo a lampada verticale.

Durata del periodo di accensione dopo 100 ore:

N. 1	42″
„ 2	50″
„ 3	60″
„ 4	21″
„ 5	33″
	206

durata media 41″; come si vede all'inizio era di 16″, dopo 100 ore era di 41″.

Osservazioni. — La lampada n. 4 ha il relais difettoso. Produce un continuo ronzio e non si accende all'attacco se non con qualche urto.

Il globo delle lampadine presenta una grossa macchia nera per materia precipitata, proveniente probabilmente dalla combustione del cannello; questa macchia si forma verticalmente sopra il cannello ed ha la forma quasi circolare con molte sfumature, del raggio di circa 12 mm.

La lampada n. 5 bruciò dopo 140 ore; la n. 2 dopo 180.

Misure dopo 200 ore:

N. 1 . . .	durata accensione	58″
„ 3 . . .	„	52″
„ 4 . . .	„	24″

Prove fotometriche:

N. 1	candele	20
„ 3	„	20
„ 4	„	22

quindi, dopo 200 ore, potenza media luminosa 20.65 candele, oltre 3 watt per candela. Il consumo di energia si è sempre mantenuto costante, cioè circa 62 watt per lampada in media.

Treves. Le prove istituite dal signor ing. Pinna non presentano dal lato dell'attendibilità tre garanzie importanti, quali sono una costanza relat'va della tensione, la durata della prova stessa e un numero relativamente grande di campioni sottoposti a collaudo.

Di più la posizione orizzontale adottata per le lampade Nernst non è certo la più indicata per un buon funzionamento, poichè essa produce l'annerimento del globo in causa della volatilizzazione dei fili di platino che portano la corrente al corpo luminoso.

Se le lampade sono verticali, annerisce la parte di porcellana del radiatore su cui sono fissati il corpo luminoso e il corpo riscaldante; se le lampade sono orizzontali diventa nera una posizione sola del globo.

Digitized by Google

Il platino si deposita sotto forma di fuliggine e precisamente su quella parte del globo che si trova normale al punto d'unione del filo di platino col corpo luminoso. Siccome questo inconveniente non si può evitare, così si sconsiglia dall'adottare una posizione orizzontale per le lampade.

Le prove di intensità luminosa fatte pure con lampade in posizione verticale e col globo opalino in su, non rispondono a quanto si verifica realmente in pratica; la parte di porcellana su cui sono fissati il corpo riscaldante e quello luminoso, contrariamente a quanto fu affermato dal signor ing. Pinna, opera precisamente come un riflettore analogamente al riflettore di steatite delle lampade ad arco a corrente alternata.

Infine le prove furono fatte con tensione di 110 volt; come ho ripetuto più volte, la lampada Nernst è specialmente una lampada per alta tensione, tanto che la Casa raccomanda, in ogni sistema a tre fili 2 per 110 volt di attaccare le lampade sugli estremi.

Non dubito quindi che le prove che si faranno pure qui a Torino a 240 volt e con corrente continua, confermeranno pienamente i risultati ottenuti dal Wedding.

Il **Presidente** ringrazia vivamente l'ing. Treves e l'ing. Pinna.

La seduta è levata alle ore 23.15.

Il Segretario
Ing. Enrico Segre.

Digitized by Google

AGGIUNTA ALL'ELENCO DEI SOCI

Soci ammessi dal 1° maggio al 30 giugno 1904

SEZIONE DI BOLOGNA.

SOCI INDIVIDUALI.

Fanelli ing. Pietro, via Cavaliera, 7, Bologna.

SOCI COLLETTIVI.

Société Anonyme " Les Tramways de Bologne, „ Sobborgo Zucca, Bologna.

SEZIONE DI MILANO.

SOCI INDIVIDUALI.

Anelli ing. Francesco, Via Rescia, 9 Pavia.
Ascoli ing. Mario, Piazza Cordusio, 2 Milano.
Balsamo ing. Natale, Ufficio Tecnico Municipale, Milano.
Barosi ing. Giovanni, Gerente della Ditta Odorico e C., Corso Indipendenza, 11, Milano.
Bellini ing. Virgilio, Corso San Celso, 42, Milano.
Grazzani ing. Marcello, Direttore della Società " L'Elettricità in Sondrio „ Via Beccaria, Sondrio.
La Moitié M. Emilio, Reggente la Filiale di Milano dei signori Attilio Pozzo e C., Via Lauro, 9, Milano.
Ponti Gian Giacomo, Kellogg Street, 39, Pittsfield (Mass) U. S. A.
Venzaghi Achille, Gerente comproprietario della Ditta Fratelli Venzaghi fu Giuseppe, Busto Arsizio.

SOCI COLLETTIVI.

Ditta C. Castellini e C., Via Bossi, 2, Milano.
Pesenti Fratelli fu Antonio, Alzano Maggiore (Bergamo).
Società Alzanese di Elettricità, Alzano Maggiore (Bergamo).
Società Anonima per le Forze Idrauliche di Trezzo sull'Adda, Via Romagnosi, 1, Milano.
Società Italiana per la Trazione Elettrica, ing. Meriggi, Diaz e C., Via dei Borromei, 4, Milano.

Digitized by Google

SEZIONE DI NAPOLI.

SOCI INDIVIDUALI.

Arienzo dott. Gabriele, Via Duomo, 19, Napoli.
Astuni ing. Giuseppe, Galleria Umberto I, 27, Napoli.
Centonze ing. Angelo, Stazione Elettrica Comunale, Altamura.
Giordano ing. Carlo, Via Indipendenza, 14, Salerno.
Nicolais ing. Michele, Via Duomo, 254, Napoli.
Ruffolo ing. Francesco, Via Nuova Capodimonte, Villa Mannucci, Napoli.
Scamoni ing. Paolo, Via G. Filangieri, 21, Napoli.

SOCI STUDENTI.

Coppola Raffaele, Via Carbonara, 58, Napoli.

SEZIONE DI ROMA.

SOCI INDIVIDUALI.

Angelelli cav. Ettore, Via Bonella, 9, Roma.
Mailloux C. O., Consulting Electrical Engineer, n. 8, West, 71 Street, New York (U. S. A.)
Odazio ing. Arnaldo, Via Palermo, 13, Roma.

SOCI COLLETTIVI.

Noerrenberg & C., Reparto Elettricità, 370, Piazza Colonna, Roma.

SEZIONE DI TORINO.

SOCI INDIVIDUALI.

Garnier ing V., Capo servizio Reparto Elettrico della Società " Elba „ Portoferraio.

Soci esistenti al 30 aprile 1904			**N. 1094**
Soci ammessi dal 1° maggio al 30 giugno 1904	**individuali**	**„**	**21**
	collettivi	**„**	**7**
	studenti	**„**	**1**
TOTALE al 30 giugno 1904			**N. 1123**

Prof. Moisè Ascoli, *Redattore-responsabile*

Roma - Tip. dell'Unione Cooperativa Editrice - Via Federico Cesi, 45.

Digitized by Google

NOTIZIE

DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

E

Verbali delle Sedute delle Sezioni

SEZIONE DI NAPOLI.

Adunanza del 26 giugno 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Proclamazione di nuovi soci;
2° Comunicazioni del presidente;
3° Conferenza del socio prof. C. Montù sopra i « Moderni contatori di energia elettrica ».

Presiede il prof. L. Lombardi.

Presenti una ventina di soci ed una trentina d'invitati.

Si legge ed approva il verbale precedente.

Il **Presidente** comunica l'ammissione a soci individuali residenti dei signori

Ing. Francesco Ruffolo
Ing. Paolo Scamoni

e la riammissione del socio che già appartenne per parecchi anni a questa Sezione ing. Angelo Centonze; dà notizia dei doni pervenuti alla biblioteca della Sezione dai soci prof. Semmola e prof. Milone, i quali offrirono rispettivamente la collezione del *Bollettino della Società Internazionale degli Elettricisti* (annate 1890 1904) e l'ultima edizione del *Trattato di Macchine Termiche.*

Denuncia la scarsa frequenza dei soci della Sezione alla sala di lettura istituita a titolo di prova nei locali della Società degl'Ingegneri, Architetti ed Industriali, ed a nome del Consiglio Direttivo e d'accordo con la Presidenza della Società stessa propone che, a partire dal 1° luglio, venga sospesa l'apertura della sala nelle ore serali, acconsentendo la Società degli Ingegneri, Architetti ed Industriali ad accogliere senza alcun onere di spesa i soci dell'A. E. I. nei suoi locali nelle ore di giorno e l'A. E. I. a tenervi in deposito una parte delle sue pubblicazioni periodiche come in passato. La proposta viene approvata senza obbiezioni.

Digitized by Google

Il **Presidente** dà la parola al socio Montù per la sua conferenza sopra i " Moderni Contatori di Energia Elettrica, „ esprimendogli a nome di tutti i colleghi e del Consiglio Direttivo la più viva obbligazione per l'efficace contributo da lui portato quest'anno ai lavori della Sezione. La brillante conferenza, illustrata da molte proiezioni luminose, viene alla fine coronata da vivi applausi.

Il Segretario
Ing. L. De Biase.

SEZIONE DI PALERMO.

Adunanza del 29 maggio 1904.

Ordine del giorno:

Comunicazione del prof. Corbino sull'argomento: « Funzionamento con correnti alternate dei motori in derivazione ».

Si approva, previa lettura, il verbale precedente, quindi il Presidente dà la parola al prof. Corbino, il quale svolge l'argomento all'ordine del giorno.

Il Segretario
G. Buttafarri.

Digitized by Google

SEZIONE DI ROMA.

Bilancio consuntivo 1903 (Vedere verbali fasc. 3°, pag. 35).

ATTIVO.	Consuntivo 1903	Preventivo 1903	Differenza
Quote sociali:			
1 Socio collettivo a L. 80, L. 80			
14 Soci collettivi „ 40, „ 560	3660.00	3200.00	+ 460.00
150 „ individuali „ 20, „ 3000			
2 „ „ „ 10, „ 20			
Quote arretrate 1902	20.00	40.00	— 20.00
Interessi 1902 libretto postale. . .	24.95	20.00	+ 4.95
Contributo della Sede Centrale per locali	200.00	. . .	+ 249.00
Proventi straordinari	49.00	. . .	
Entrata effettiva L.	3953.95	. . .	. . .
Riscosso per conto Sezione di Milano (partita di giro)	3.00	. . .	+ 3.00
Avanzo esercizio precedente . . .	20.33	20.33	+ 20.33
Quote da esigere	140.00	. . .	+ 140.00
L.	4117.28	3280.33	+ 836.95

PASSIVO.	Consuntivo 1903	Preventivo 1903	Differenza
Contributo alla Sede Centrale . L.	1840.00	1600.00	+ 240.00
Sede della Sezione.	600.00	600.00	. . .
Biblioteca:			
Acquisti e abbonamenti L. 570.00	585.00	500.00	+ 85.00
Rilegature 15.00			
Amministrazione:			
Comunicazioni ai Soci. L. 100.00			
Posta, telegrafi e marche da bollo 25.76	297.26	250.00	+ 47.26
Cancelleria 50.50			
Compensi al personale . 121.00			
Mobilio	6.45	330.33	— 308.88
Supplemento Annuario 1902 . . .	15.00		
Spesa effettiva L.	3343.71		
Quote da esigere	140.00	. . .	+ 140.00
Credito Sezione di Milano (partita di giro)	3.00	. . .	+ 3.00
In Cassa al 31 dicembre 1903 . .	630.57	. . .	+ 630.57
L.	4117.28	3280.33	+ 836.95

Roma, 29 febbraio 1904.

Il cassiere: O. LATTES.

Digitized by Google

Sezione di Roma. **Bilancio preventivo 1904** (Vedere verbali fasc. 3°, pag. 35). **Sezione di Roma.**

ATTIVO.	Preventivo 1904	Consuntivo 1903	Differenza	PASSIVO.	Preventivo 1904	Consuntivo 1903	Differenza
Quote sociali:				Contributo alla Sede Centrale:			
15 Soci collettivi a L. 40, L. 600 115 „ individuali „ 20, „ 3100	3700 00	3660.00	+ 40.00	15 Soci collettivi a L. 20, L. 300 155 „ individuali „ 10, „ 1550	1850.00	1840.00	+ 10.00
Quote arretrate Esercizio precedente	140 00	20 00	+ 120 00	Sede della Sezione	600 00	600.00	. .
Interessi 1903 Libretto postale . .	20 00	24.95	— 4.95	Spese di amministrazione	300 00	297 26	+ 2.94
Contributo della Sede Centrale per locali	200 00	200.00	. .	Biblioteca	600.00	585.00	+ 15.00
Proventi straordinari	. .	49.00	— 49.00	Mobilio e diverse	100.00	21.45	+ 78.55
Avanzo di Cassa	630 57	20.33	+ 610 24	A disposizione per l'incremento della Sezione	1240.57	630.57	+ 610.00
L.	4690.57	3974.28	+ 716.29	L.	4690.57	3974.28	+ 716.29

STATO PATRIMONIALE al 1° gennaio 1904.

Libri acquistati (prezzo d'inventario) e rilegature	L.	2268.60
Libri ricevuti in dono e in cambio (a calcolo)		500.00
Mobili e materiali diversi.		800.00
Contanti in Cassa		630 57
Crediti		140.00
Totale . . .	L.	4339.17

Roma, 29 febbraio 1904.

Il cassiere: O. LATTES

Digitized by Google

AGGIUNTA ALL'ELENCO DEI SOCI

Soci ammessi dal 1° al 30 luglio 1904

SEZIONE DI MILANO.

SOCI INDIVIDUALI.

Silva ing. Angelo, Seregno.
Soragni ing. Tullo, Schenectady N. Y.

SOCI COLLETTIVI.

Società Anonima Prealpina per Imprese Elettriche, Varese.

SEZIONE DI PADOVA.

Vianello Paolo, Accademia 1051, Venezia.

Soci esistenti al 30 aprile 1904		**N. 1123**
Soci ammessi dal 1° maggio al 30 giugno 1904 . .	**individuali** „	**3**
	collettivi „	**1**
TOTALE al 30 luglio 1904		**N. 1127**

Prof. Moisè Ascoli, *Redattore-responsabile*

Roma - Tip. dell'Unione Cooperativa Editrice - Via Federico Cesi, 45.

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTIZIE

DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

E

Verbali delle Sedute delle Sezioni

SEDE CENTRALE.

A) Deliberazioni prese nella Seduta del Consiglio generale tenuta in Bologna il 21 ottobre.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Comunicazioni della Presidenza.
2. Bilanci consuntivo e preventivo.
3. Proposte riguardanti la sistemazione della Sede Centrale dell'A. E. I.

La seduta si apre alle ore 11.30.

Sono presenti i signori: prof. M. ASCOLI, *presidente;* ing. R. SALVADORI, *segretario generale;* ing. comm. O. LATTES, *cassiere generale;* ing. A. PANZARASA, rappresentante la Sezione di Milano: ing. E. CORSINI e ing. A. RAMPOLDI, rappresentanti la Sezione di Firenze; ing. A. DONATI, rappresentante la Sezione di Bologna; ing. G. CRISTOFORIS, rappresentante la Sezione di Genova.

I signori: ing. G. GADDA, ing. E. DE STRENS, ing. A. SCOTTI e ing. L. CAURO, delegarono l'ing. A. Panzarasa a rappresentarli.

Si scusarono pel non intervento il prof. L. ZUNINI, l'ing. E. OLIVA, l'ing. F. GENTILI e l'ing. C. Piaggio.

1° Comunicazione del Presidente.

Il PRESIDENTE, dopo aver dato il benvenuto ai colleghi, accenna ai seguenti argomenti:

a) **Viaggi all'estero.** — Un resoconto sommario dell'escursione in America sarà fatto nella relazione della Presidenza sulla passata gestione all'Assemblea generale; qui basterà assicurare che la gita è riuscita bene sotto ogni punto di vista. Si domanda perciò se non convenga organizzare altra gita per quest'altro anno, ma tale che riesca accessibile ai più, onde tutte le classi de' nostri soci ne possano usufruire. Sembrerebbe opportuno studiare una gita breve, non molto dispendiosa, e che costi anche meno

Digitized by Google

fatica di organizzazione: per esempio, potrebbe essere oggetto del viaggio una visita all'esposizione di Liegi.

L'ing. Panzarasa, approvando l'idea, accenna alla praticità sotto ogni rapporto di una gita in Svizzera con una punta in Germania.

L'ing. Lattes penserebbe ad un viaggio lungo il Reno; altri propone una visita dell'Ungheria, ma dopo breve discussione tutti sono concordi nella proposta del Presidente di studiare la realizzazione di una gita che abbia per occasionale orientazione l'esposizione di Liegi, lasciando la visita della Svizzera al 1906, epoca della progettata esposizione di Milano.

***b)* Norme di sicurezza per gli impianti elettrici.** — La Presidenza non ha mancato d'occuparsi dell'argomento; ben poco però si è concluso. In seno alla primitiva Commissione incaricata di presentare un progetto di regolamento, fu nominata una Sottocommissione, ma vedendo che anche questa poco faceva, il Presidente pensò che meglio sarebbe stato incaricare una sola persona di raccogliere dati e materiali onde preparare il primo schema del progetto sul quale, la Sottocommissione prima e poi la Commissione, avrebbero lavorato. L'incarico è stato affidato all'ing. Panzarasa, il quale volentieri lo ha accettato. Egli ha raccolto molto materiale, ed ha fatto non poche esperienze onde nel nostro lavoro fosse qualcosa di personale, non accettando quale vangelo quello che altri ha detto e fatto. Gli è mancato però il tempo per concludere e mette volentieri a disposizione dei colleghi il materiale tutto procurato ed esperimentato. Ha avuto occasione però di parlare dell'argomento con molti tecnici e specialmente con ingegneri austriaci, e tutti si sono mostrati contrari a queste norme di sicurezza, perchè intralciano sempre i lavori, per cui ha acquistato la convinzione che il lavoro deve riflettere i caposaldi fondamentali e limitarsi il più possibile.

2° Regolamento generale.

L'argomento che attualmente più interessa si è quello dell'eliminazione delle gravi spese pel trasporto del materiale appartenente alla Sede centrale. Argomento questo che si connette anche a quello del regolamento generale.

Fu portato all'Assemblea generale dell'anno scorso, ma nulla fu definito, mancando la possibilità di risolvere alcune questioni, la più importante delle quali, quella della Biblioteca, è ancora in sospeso.

Il materiale stampe si va accumulando. Anche ora esso rappresenta un capitale importante, ma col tempo rappresenterà un valore non trascurabile e richiederà spazio non piccolo per essere conservato. Occorre quindi indubbiamente una Biblioteca centrale e per questa si sono andate consolidando le proposte della Sezione di Firenze.

L'ing. Rampoldi comunica che il ritardo all'attuazione dell'idea è dovuto unicamente alle varie crisi avvenute in seno all'Amministrazione comunale di Firenze, ma che l'attuale Amministrazione ha preso in seria considerazione la proposta, e che le pratiche sono molto avanzate, tanto che spera

Digitized by Google

di ricevere in giornata la notizia che la Giunta abbia definitivamente approvata la proposta per la quale il Municipio dovrebbe impegnarsi a dare gratuitamente locali, personale e servizio.

Il PRESIDENTE, lieto della comunicazione, è del parere che convenga attendere la decisione definitiva della Giunta, ma che, se questa sarà conforme alle speranze, convenga senz'altro accettare questa sede per la nostra Biblioteca.

Il CASSIERE fa a questo proposito osservare che converrà mettere in bilancio una somma per sopperire alla spesa di legatura de' libri, che egli calcola di circa tre o quattrocento lire.

L'ing. CRISTOFORIS non approverebbe l'idea della Biblioteca nostra nelle mani del Municipio di Firenze, perchè ciò sembrerebbe quasi una rinuncia di proprietà.

L'ing. RAMPOLDI assicura che nella Biblioteca tecnica che Firenze vuole istituire, le nostre pubblicazioni avrebbero locale completamente distinto e tutto sarebbe organizzato secondo i nostri desiderî.

L'ing. PANZARASA ricorda che nulla fu stabilito su questa grave questione nell'Assemblea generale precedente; d'altra parte egli ha incarico di riferire che la Sezione di Milano non approva l'idea della centralizzazione e sarebbe del parere di lasciare stare le cose come ora sono, ogni regione conservando i giornali che riceve. La questione deve essere votata per *referendum* generale e non è mansione del Consiglio decidere.

Il PRESIDENTE non può accettare il concetto espresso dall'ing. Panzarasa; raccolta de' periodici essendo disseminata perderà molto del suo valore e col tempo scomparirà, della sua conservazione mancando una responsabilità diretta. Il servizio de' prestiti non potrà essere regolare e pronto in tutte le Sezioni e quindi l'utile di tale importante raccolta d'opere tecniche sarà molto ridotto e forse annullato. Si è assunto la responsabilità di distribuire i periodici alle Sezioni, ed ebbe l'approvazione generale per questo provvedimento di evidente utilità. Ma non può assumersi la responsabilità di un disperdimento della biblioteca, certo che prima o poi verrebbe giustamente accusato di aver distrutta una preziosa collezione. Ad ogni modo farà quello che fu stabilito, cioè interpellerà le Sezioni appena sarà possibile.

3° Esame dei bilanci.

Il CASSIERE presenta ed illustra i bilanci consuntivo 1903 e preventivo 1905 comunicando le dichiarazioni dei revisori dei conti.

L'ing. RAMPOLDI, quale cassiere della Sezione fiorentina e anche a nome del Consiglio intero di tale Sezione, si lagna di una frase contenuta nella relazione dei Revisori de' conti, relativa ai ritardi nei pagamenti alla Sede centrale di alcune Sezioni. Spiega le ragioni per le quali Firenze debba trovarsi fra queste e prega sia risparmiata, altra volta, questa forma di immeritata berlina.

Digitized by Google

Il Cassiere chiarisce la situazione della Sede centrale di fronte alla mancanza di versamenti da parte delle Sezioni e dichiara che ritiene necessario che le Sezioni si rendano garanti delle quote de' soci inscritti al principio dell'anno e compresi nella pubblicazione dell'elenco soci.

L'ing. Panzarasa desidera che la questione dei soci morosi sia risolta, perchè, per esempio, Milano figura debitrice di lire trenta per quote di soci che non hanno pagato e non è possibile farli pagare.

Il Presidente. L'argomento dell'impegno delle Sezioni verso la Sede centrale, e conseguentemente dei soci morosi, sarebbe stato risoluto con l'approvazione del regolamento. È quindi opportuno che la questione sia risolta col parere dell'Assemblea.

L'ing. Panzarasa, visti i risultati del bilancio, raccomanda non si sia troppo severi nel far pagare ai soci le spese per le incisioni, e che solo in casi veramente eccezionali ciò avvenga; ma il Presidente assicura che ciò è stato in realtà sempre fatto.

L'ing. Donati vorrebbe mettere possibilmente in bilancio una somma maggiore per rimborso di spese alla Sezione presso la quale ha luogo la riunione generale.

Il presidente osserva che si dovrà stanziare una somma per le rilegature dei volumi dei periodici che pervengono alla Sede centrale.

Il Cassiere dà spiegazioni circa l'impiego della somma inscritta per l'assemblea generale e propone di portarla a L. 1000. Egli modificherà quindi le diverse partite del preventivo spesa 1905, in conformità alla discussione avvenuta, e presenterà le modificazioni all'odierna Assemblea generale.

Il Consiglio approva.

L'ultimo numero dell'ordine del giorno, è rimandato ad altra riunione.

B) Commissione per lo studio delle unità e misuratori elettrici.

Il giorno 1° dicembre fu diramata la seguente circolare ai presidenti delle Sezioni dell'Associazione Elettrotecnica Italiana:

" S. E. il Ministro di agricoltura, industria e commercio ha nominato una Commissione, composta dei professori Colombo, Grassi, Lombardi, Righi e Roiti, con l'incarico di studiare le questioni attinenti alle *unità elettriche* ed agli *strumenti di misura* in rapporto a provvedimenti legislativi analoghi a quelli vigenti per altre specie di misure.

" Mi consta che la Commissione avrà facoltà di interpellare i rappresentanti degli industriali e dell'Associazione Elettrotecnica Italiana.

" Allo scopo di preparare il lavoro necessario e rendere efficace l'intervento della nostra Associazione, la Presidenza, accogliendo l'analoga proposta della Sezione di Milano, ha deliberato di nominare una Commissione composta dei soci più competenti nella pratica delle misurazioni elettriche industriali.

Digitized by Google

" La Commissione dell'Associazione Elettrotecnica Italiana sarà formata come il Consiglio generale: ciascuna Sezione cioè sarà rappresentata da un membro per ogni 50 soci o frazione.

" Non ho bisogno di far presente alla S. V. l'importanza della questione e l'utilità che può avere l'azione dell'Associazione Elettrotecnica: prego invece la S. V. di volermi senza indugio proporre i rappresentanti della Sezione da Lei presieduta, onde la Commissione possa subito essere costituita. Si comprende che non potranno far parte della nostra Commissione i membri sopra nominati di quella governativa.

" In attesa di una Sua cortese sollecita risposta, con la massima considerazione La prego credermi devotissimo

IL PRESIDENTE
M. Ascoli.

IL SEGRETARIO GENERALE
R. Salvadori.

Digitized by Google

AGGIUNTA ALL'ELENCO DEI SOCI

Soci ammessi dal 1° agosto al 31 ottobre 1904

SEZIONE DI MILANO.

SOCI INDIVIDUALI.

Calandri cav. Alfonso, 1630, Calle del Carro, Venezia.
Olivieri ing. Marco, 24, Santo Spirito, Milano.

SEZIONE DI PADOVA.

SOCI INDIVIDUALI.

Zecchettini ing. Antonio, Direttore della bonifica dell'isola di Ariano, Ariano Polesine.

SEZIONE DI ROMA.

SOCI INDIVIDUALI.

Monteguti cav. ing. Aldo, Direzione del Genio, Bologna.

SEZIONE DI TORINO.

SOCI COLLETTIVI.

R. Circolo Ferroviario di Torino, 4, San Secondo, Torino.

Soci esistenti al 31 luglio 1904		**N. 1127**
Soci ammessi dal 1° agosto al 31 ottobre 1904	**individuali** „	**4**
	collettivi „	**1**
TOTALE al 31 ottobre 1904		**N. 1132**

Prof. Moisè Ascoli, *Redattore-responsabile*

Roma - Tip. dell'Unione Cooperativa Editrice - Via Federico Cesi, 45.

Digitized by Google

NOTIZIE

DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

E

Verbali delle Sedute delle Sezioni

SEDE CENTRALE.

VARIA.

Il Presidente dell'Elektrotechische Verein cortesemente invitò il Presidente dell'A. E. I. ad assistere alle feste che il 22 novembre furono celebrate in Berlino, compiendosi il 25° anno dalla fondazione della benemerita associazione tedesca.

*** Altro invito pervenne dal Presidente dell'Institution of Electrical Engineers di Londra pel banchetto annuale del 1° dicembre.

In entrambe le occasioni furono scambiate lettere e telegrammi.

*** S. M. il Re firmò il 24 novembre il decreto di nomina a commendatore della corona d'Italia dell'ing. J. W. Lieb Jr., attuale Presidente dell'American Institute of Electrical Engineers, che tanto si adoperò per il ricevimento dei soci dell'A. E. I. nell'agosto e settembre scorsi.

*** **Distintivo sociale.** — La Presidenza dell'A. E. I. ha provveduto alla esecuzione di un distintivo sociale in forma di medaglia, recante da un lato l'effigie di Alessandro Volta e dall'altro il monogramma A. E. I. smaltato nei colori nazionali.

La medaglia, in argento, del diametro di 23 mm., munita di anello, è riservata ai soci individuali e collettivi regolarmente inscritti all'Associazione.

Rivolgere le richieste al Cassiere della Sede Centrale, accompagnandole col relativo importo di lire 3. Uguale distintivo si può avere in oro, titolo 900, al prezzo di L. 35.

SEZIONE DI MILANO.

Adunanza del 5 febbraio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

Ing. A. Geiger: « Di un nuovo regolatore automatico di tensione ».

Pranzo sociale del 13 febbraio 1904.

Questo pranzo venne indetto dalla Presidenza della Sezione allo scopo di rendere sempre più amichevoli e cordiali le relazioni fra i membri dell'Associazione.

Esso ebbe luogo al " Ristorante Orologio „ di Milano; gl'intervenuti furono oltre la sessantina e lasciò in tutti il desiderio che riunioni di questo genere abbiano a rinnovarsi di sovente. Fu infatti stabilito che un banchetto abbia luogo ogni anno verso l'epoca dell'assemblea generale.

Digitized by Google

Assemblea generale ordinaria del 22 febbraio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1° Comunicazioni della Presidenza;
2° Discussione ed approvazione dei bilanci;
3° Nomina delle seguenti cariche annuali:
a) di tre consiglieri della Sezione in sostituzione degli uscenti per anzianità e non rieleggibili alla stessa carica, signori:
Clerici ing. Carlo;
Foscarini ing. Adolfo;
Merizzi ing. Giacomo;
b) di tre revisori effettivi e due supplenti in sostituzione degli uscenti e rieleggibili alla stessa carica, signori:
Boselli ing. Luigi . . . . } effettivi
Carcano ing. Francesco. } effettivi
Vitale ing. Maurizio. . . } effettivi
Arcioni ing. Vittorio . . } supplenti
Fumero ing. Ernesto. . . } supplenti
4° Lettura del socio ing. A. Panzarasa su: « Alternatori ad altissima tensione o alternatori a moderata tensione con trasformatori elevatori? ».
Comunicazione: « Esperienze su alcuni isolanti impiegati nei macchinarii e considerazioni sui limiti di tensione di prova ».

Il **Presidente** riassume brevemente l'operato della Sezione di **Milano** nell'anno scorso.

Dà quindi la parola all'ing. A. Panzarasa per la sua comunicazione che viene accolta da vivi applausi.

In seguito il **Presidente** invita i soci alla votazione di cui nel verbale e riescono eletti ad unanimità:

A Consiglieri della Sezione i signori:
Arcioni ing. Vittorio;
Cirla ing. Ernesto;
Magrini ing. Luigi.

A Revisori effettivi i signori:
Boselli ing. Luigi;
Carcano ing. Francesco;
Vitale ing. Maurizio.

A Revisori supplenti i signori:
Fumero ing. Ernesto;
Luraschi ing. Arnaldo.

Digitized by Google

Adunanza del 4 marzo 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

Ing. E. Jona: « Considerazioni sugli isolamenti per alte tensioni alternative e limitazioni che ne derivano alle tensioni di prova ».

Adunanza del 18 maggio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

Discussione sulle comunicazioni:

1. Ing. A. Panzarasa: « Alternatori ad altissima tensione o alternatori a moderata tensione con trasformatori elevatori? ».

Prima comunicazione: « Esperienze su alcuni isolanti impiegati nei macchinari, e considerazioni sui limiti di tensione di prova », presentata il giorno 22 febbraio 1904.

2. Ing. E. Jona: « Considerazioni sugli isolamenti per alte tensioni alternative e limitazioni che ne derivano alle tensioni di prova », presentata il giorno 4 marzo 1904.

Adunanza del 29 aprile 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Ing. Secondo Sacerdote: « Perfezionamenti al variatore di corrente ».
2. Relazione della Presidenza sui risultati dell'inchiesta sui fenomeni temporaleschi, durante l'anno 1903.

Adunanza del 6 maggio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

Ing. A. La Porta: « Sul sistema Erlikon di linea aerea e di presa di corrente monofase ad alto potenziale per trazione elettrica su ferrovie normali ».

*

Digitized by Google

Esposizione di piccole lampade ad arco e ad incandescenza del 13 maggio 1904.

Questa esposizione venne indetta nelle sale sociali, allo scopo di far conoscere ai soci le ultime novità, in fatto di illuminazione elettrica.

L'Esposizione comprendeva:

lampade Nernst;

lampade ad osmio;

lampade a vapori di mercurio;

piccole lampade ad arco, fino a 3 ampère tanto a correnti alternate quanto a corrente continua;

lampade ad arco a fiamma, fino a 3 ampère;

apparecchi d'illuminazione speciali, riflettori, ecc., da utilizzarsi con le lampade suddette.

Presero paste all'Esposizione le Ditte seguenti:

Attilio Pozzo & C. — Ing. A. C. Piva — A. E. G. Soc. An. di elettricità — Ing. Vittore Finzi — E. Knappworts — G. Neuhaus — C. Grimoldi & C. — Compagnia Thomson-Houston — Società Edison.

L'esposizione destò molto interesse, e fu completata da due comunicazioni, una dell'ing. L. Cauro sulle lampade Nernst, l'altra dell'ing. Carcano sulle lampade a vapori di mercurio, illustrata quest'ultima da riuscitissime esperienze.

Adunanza del 25 maggio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1. « Rilevatore di onde Herziane a Campo Ferraris », presentazione dell'apparecchio fatta dal prof. Arnò.
2. « Lo Slittometro » con presentazione dell'apparecchio fatta dall'ing. A. Bianchi.
3. « Metodo e apparecchio per la misura del fattore di potenza », ing. F. Carcano.

Le tre conferenze vennero illustrate da interessanti esperienze eseguite sugli apparecchi presentati.

Gita sociale in val Brembana del 19 giugno 1904.

Alla gita intervennero circa un centinaio di soci parecchi dei quali accompagnati dalle loro signore. Partiti da Milano il mattino per tempo i gitanti si recarono in ferrovia a Bergamo d'onde, in numerose vetture, risalirono la Valle Brembana fino a San Pellegrino. Qui una suntuosa colazione offerta gentilmente dalla ditta Conti & C. attendeva. Dopo la quale ebbe

Digitized by Google

luogo la visita all'impianto di Zogno incominciando dalla diga presso San Pellegrino e discendendo pel canale fino alla stazione generatrice.

L'impianto eseguito completamente con macchinario e materiale nazionale, e la linea nella quale figurano per la prima volta i pali elastici, destarono grandissimo interesse.

Adunanza del 7 luglio 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

Ing. E. Vannotti: « Sui risultati delle turbine a vapore Parsons nelle centrali elettriche e sui differenti sistemi di condensazione ».

Il Segretario
G. SEMENZA.

SEZIONE DI NAPOLI.

Per iniziativa della Presidenza fu tenuto nei giorni 27 novembre e 4 ed 11 dicembre un ciclo di conferenze relative allo stato attuale delle industrie elettriche ed alle principali applicazioni ed esperimenti di trazione elettrica agli Stati Uniti. A queste conferenze, illustrate da molte proiezioni luminose, vennero invitati, oltre ai soci della A. E. I., i professori della R. Scuola di Applicazione per gl'Ingegneri e della R. Università, ed i membri della Società Reale e del R. Istituto d'incoraggiamento. Esse ebbero per argomento:

I. 27 novembre. Prof. L. LOMBARDI: *Stato attuale delle Imprese Elettriche in America.*

II. 4 dicembre. Ing. C. A. CURTI: *Sistemi elettrici di trazione a corrente continua negli Stati Uniti.*

III. 11 dicembre. Ing. U. SEGRE: *Esperimenti di trazione elettrica a corrente alternata negli Stati Uniti.*

Adunanza del 18 dicembre 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Proclamazione nuovi soci ammessi e di un dimissionario.
2. Elezione di 3 consiglieri della Sezione e di 2 delegati al Consiglio Generale.
3. Nomina dei Revisori dei conti.
4. Programma dei lavori per il 1905.
5. Comunicazioni del Presidente.

Il **Presidente** proclama le dimissioni del socio signor Falcone Guido e l'ammissione dei nuovi soci ing. Francesco de Simone, dott. Ettore Bellini. ed ing. Gustavo D'Agostino.

Digitized by Google

Essendo decaduti per sorteggio da membri del Consiglio Direttivo i signori ingegneri Galimberti, Curti e D'Orso, questi vengono dall'Assemblea a votazione segreta tutti rieletti alla medesima carica.

A luogo dei soci delegati presso il Consiglio generale, signori ingegneri Galimberti e Sarti, decaduti per sorteggio, e non rieleggibili, l'Assemblea elegge con votazione segreta i sigg. ingegneri Bonghi Mario e Carelli Alfonso.

A Revisori dei conti per l'anno 1905 vengono riconfermati per acclamazione i signori ingegneri Tajani e Foà, che già ebbero nel 1904 lo stesso ufficio.

Il **Presidente** invita i colleghi a comunicare alla Sezione i cambiamenti eventuali d'indirizzo e le aggiunte da farsi nell'elenco nominativo dei soci che la Sede centrale pubblicherà per l'anno 1905.

Discutendosi il programma dei lavori per l'anno 1905, ai quali hanno servito di preludio le tre conferenze già tenute sopra lo " Stato attuale delle industrie elettriche „, sopra i " Sistemi di trazione a corrente continua „ e gli " Esperimenti di trazione a corrente alternata negli Stati Uniti „, si iscrivono per conferenze successive da tenersi nei primi mesi del 1905, i signori professor Milone, ing. Tajani ed ing. Buffolo, con la riserva di stabilire ulteriormente l'epoca e l'argomento.

Il Presidente
Prof. Ing. L. Lombardi.

SEZIONE DI ROMA.

Adunanza del 14 novembre 1904.

Ordine del giorno:

Inaugurazione annuale dei lavori della Sezione.
1. Comunicazioni della Presidenza.
2. Comunicazioni.
   Ing. U. Crudeli « Parafulmini a conduttori frammentari - Osservazioni sulla radioconduzione ».

Presidente **G. Giorgi** - Presenti 17 soci.

Il **Presidente** annuncia l'ammissione del nuovo socio cav. Aldo Monteguti, capitano del Genio, e dà la parola al socio

Lattes, il quale fa notare come a termini dell'art. 10 dello Statuto sociale, il Consiglio Direttivo della Sezione di Roma, dato il numero dei soci inscritti, dovrebbe avere sei consiglieri e non cinque. Occorre quindi che si completi il Consiglio ed egli propone che si elegga a consigliere per acclamazione il prof. Ascoli.

Ascoli, visto che il numero degli intervenuti è relativamente esiguo, desidera che la proposta Lattes, in quanto riflette il completamento del Consiglio direttivo, sia messa all'ordine del giorno per la prossima adunanza.

Digitized by Google

Lattes insiste nella sua proposta e prega il Presidente di metterla ai voti.

Il **Presidente** pone ai voti la proposta del socio Lattes, riserbandosi di sottoporre al Consiglio Direttivo la convalidazione dell'elezione. La proposta è approvata.

Lattes porta a conoscenza dell'Assemblea la morte di tre consoci: l'ingegnere Nicola Labroca, il prof. Adolfo Cancani-Montani e l'ing. cav. Giuseppe Kaiser. Dice alcune parole dell'ing. Labroca, al quale era legato da personale amicizia, ma crede doveroso che altri, con maggiore competenza, parli degnamente dei tre colleghi ricordati.

Ascoli, accogliendo il concetto del preopinante, propone che la commemorazione dei tre soci defunti figuri all'ordine del giorno della prossima seduta e che intanto la Presidenza invii lettera di condoglianza alle famiglie.

Il **Presidente** assicura che porrà in atto la proposta del prof. Ascoli.

Crudeli fa la sua comunicazione sui *Parafulmini a conduttori frammentari - Osservazioni sulla radioconduzione.*

Aperta la discussione sulla comunicazione Crudeli, prendono la parola Giorgi, Ascoli e Salvadori, per esporre dubbi sulla convenienza economica del sistema.

Esaurito l'ordine del giorno, la sedata è tolta alle ore 22.30.

Il Presidente
Ing. G. Giorgi.

Il Segretario
Ing. F. Fiorentini.

Conferenze tenute nella Sezione di Roma.

1ª Domenica 27 marzo. — Prof. R. Manzetti: *Fulmini e parafulmini.*
2ª Lunedì 4 aprile. — Prof. R. Manzetti: *Fulmini e parafulmini.*
3ª Domenica 10 aprile. — Prof. G. Giorgi: *Le incognite della scienza elettrica.*
4ª Domenica 17 aprile. — Prof. G. Giorgi: *Le incognite della scienza elettrica.*
5ª Domenica 24 aprile. — Ing. G. Revessi: *La forma delle oscillazioni nelle correnti alternate.*
6ª Domenica 1 maggio. — Prof. M. Ascoli: *Il Radio.*
7ª Domenica 8 maggio. — Prof. M. Ascoli: *Il Radio.*
8ª Domenica 15 maggio. — Ing. A. Anastasi: *La macchina a vapore nella elettrotecnica.*

Digitized by Google

SEZIONE DI TORINO.

Adunanza del 2 dicembre 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

Conferenza del socio sig. GIUSEPPE ROSTAIN sul « Kriptol » sue applicazioni industriali e domestiche », illustrata da proiezioni ed esperienze.

Presiede il vice presidente ing. Ettore Thovez.

Il **Presidente,** accennato alle condizioni attuali del riscaldamento per mezzo dell'elettricità, presenta il conferenziere che parlerà di un nuovo trovato a tale scopo.

Rostain fa la conferenza all'ordine del giorno, illustrandola con numerose proiezioni e con esperienze ed apparecchi in funzione.

È vivamente applaudito.

L'adunanza è levata alle ore 23.

Adunanza del 17 dicembre 1904.

ORDINE DEL GIORNO:

1. Nomina di due consiglieri della Sezione.
2. Nomina di due delegati al Consiglio generale dell'A. E. I.
3. Nomina della Commissione del bilancio 1904-1905.
4. Proposta del socio ing. G. E. Imoda che l'Associazione studi alcune norme generali che si possano consigliare nella stipulazione dei contratti di compra-vendita delle macchine in genere e soprattutto delle macchine elettriche in ispecie.

Presiede il presidente ing. **Vincenzo Soldati.**

Il **Presidente** avverte che le votazioni di cui ai numeri 1, 2 e 3 dell'ordine del giorno rimangono aperte fino all'esaurimento del n. 4, come fu comunicato nella circolare di convocazione, e che lo scrutinio si farà in fine dell'adunanza. Dà quindi la parola all'on. Imoda.

Imoda svolge la sua proposta. Dimostra l'importanza dell'argomento che ha notevoli relazioni con lo svolgimento della vita industriale di un paese. La compra-vendita di una macchina in genere tocca vivamente l'interesse materiale del compratore e del venditore e, se fatta con garanzia, riesce complessa e difficile quando si voglia che questa operazione avvenga con equità e giustizia e siano salvaguardati i diritti sia dell'uno che dell'altro.

Se è giusto che il compratore riceva una macchina che soddisfi veramente bene allo scopo per il quale egli l'acquista, ed abbia tutte quelle garanzie che valgano ad assicurarlo che non avrà poi a trovarsi scontento od ingannato, non è giusto che il costruttore e venditore debba trasformarsi in un impresario di trasporti o di opere murarie o debba sostituirsi

Digitized by Google

all'ingegnere consulente direttore dei lavori, assumendo tutte le responsabilità civili e penali che dall'opera di questi possono derivare, quando il compratore non voglia assumersi tali oneri e responsabilità in proprio.

Il nostro Codice civile e di commercio hanno parecchi dispositivi per regolare la vendita di beni mobili con garanzia; ma i concetti ai quali si inspirano essi e il Codice di procedura mancano di spirito di modernità e paiono fatti apposta per dare adito a cause interminabili complicate. Il contratto deve essere stipulato in modo che, date certe eventualità inevitabili, la soluzione di possibili vertenze avvenga in via pacifica e sollecita. Non è sempre ottenibile l'onestà e la correntezza delle parti contraenti e neppure da sole basterebbero a dirimere ogni malinteso, anche in buona fede. Allora diventa necessaria la stipulazione di un contratto, redatto in modo ben chiaro, dove siano espresse tutte le garanzie date ed accettate e dove i pericoli di conflitto siano bene esaminati e stabiliti i modi e termini nei quali verranno contenuti e risolti.

L'oratore accenna ai casi delle macchine elettriche quali quelle che più c'interessano; ai conflitti cui possono dar luogo la ritardata consegna, malgrado le penalità stabilite, la deficienza di potenza e di rendimento, il dover la macchina elettrica far parte d'impianto in cui la si accoppii ad altre macchine o motori provvisti da altre case, ecc., ove sarebbe bene intervenisse l'opera di un ingegnere consulente a carico del compratore. Molto avrebbe a dire anche su altri punti come sul collaudo, sui modi di pagamento, sulla registrazione dei contratti, sulla trascrizione legale delle macchine vendute, sugli arbitramenti, ecc., ecc.

Per tutte queste considerazioni l'oratore crede che l'Associazione farebbe cosa molto utile nominando una Commissione la quale prenda in esame i moduli di contratto delle più accreditate Case e ne formuli uno che sfiori il buono di tutti, da consigliarsi agl'interessati al fine di salvaguardare i giusti loro interessi.

Ferraris loda l'ing. Imoda per aver portato alla discussione una così importante questione. Egli però ha qualche punto di vista opposto a quelli accennati e che desidererebbe fosse considerato dalla eventuale Commissione. Dove vede un pericolo è nel non considerare i danni del cattivo funzionamento delle macchine, poichè esistono costruttori disonesti i quali sarebbero spinti a costrurre male. I danni è vero possono essere superiori al valore del macchinario, ma il pericolo di averne la responsabilità fa risolvere più presto le questioni. È d'accordo invece su la penalità per i danni di ritardata consegna.

Pinna crede che la discussione sia prematura; ritiene meglio sottomettere la proposta con voto favorevole alla Sede centrale perchè nomini una Commissione che faccia studiare poi la cosa da tutte le sezioni; oppure, in via subordinata, uominare qui una Commissione la quale imposti la questione da rinviare alla Sede centrale.

Tedeschi Vittorio è d'opinione che la questione sia d'indole commermerciale e quindi inutile una soluzione che non fosse accettata da tutte le Case costruttrici; bisognerebbe trovare modo per farla accettare.

Digitized by Google

Diatto dubita che qualsiasi studio abbia ad essere inutile e che non si abbia che a sprecare tempo.

Pinna, rispondendo a Tedeschi, nota come ogni contratto sia bilaterale e che tutti i costruttori fanno parte dell'A. E. I.

Grassi, dall'andamento della discussione per cui appare come disparati siano i punti di vista, ritiene prematuro un voto anche per sottoporre soltanto alla Sede centrale la questione; perciò crede più opportuno venga nominata una Commissione che studi e prepari i termini con i quali farla discutere da tutta l'Associazione.

Imoda risponde al Ferraris che per il punto da lui accennato ha solo inteso di escludere i danni come li considera il Codice, vaghi ed illimitati, pei quali egli vorrebbe invece penalità fissa o proporzionale con limiti stabiliti. Risponde al Pinna che crede meglio attenersi alla sua proposta subordinata, la quale coincide con l'opinione del prof. Grassi.

Ferraris ritiene doversi stabilire che il cómpito della Commissione non sarà di legiferare, nè di fare schemi di contratti ma di analizzare le questioni e limitarsi a dare pei vari punti dei consigli.

Thovez è d'accordo con il Ferraris, ma non vede dove si possa arrivare ogni caso essendo diverso dall'altro. Ma ove crede che si possa fare qualcosa di utile è nel dettare norme tecniche, ove vi sono frequenti contestazioni che potrebbero essere eliminate.

Imoda spiega che non si tratta di legiferare e neppure di cercare di imporre una data forma di contratto; ma nella pratica se esistessero buoni modelli, consigliati da un corpo competente, verrebbero poco alla volta adottati nella generalità dei casi.

Il **Presidente** interroga l'Assemblea sulla nomina della Commissione la quale faccia degli studi da sottoporre poi alla Sede centrale.

L'**Assemblea** approva si nomini una Commissione e dà mandato alla Presidenza di comporla.

Ferraris propone che si rinnovi per acclamazione il mandato ai membri della Commissione del bilancio uscenti di carica.

L'**Assemblea** approva all'unanimità.

Si procede allo scrutinio delle votazioni all'ordine del giorno.

Il **Presidente** proclama l'esito seguente:

Consiglieri della sezione:

Votanti 35

Tedeschi Vittorio . . voti 23 | Trossarelli Ottavio . voti 29

Delegati al Consiglio generale:

Votanti 33

Ferraris Lorenzo . . voti 25 | Imoda Giuseppe . . voti 22

che dichiara quindi eletti.

L'adunanza è levata alle ore 22.45.

Il Segretario
Ing. Enrico Segre.

Digitized by Google

AGGIUNTA ALL'ELENCO DEI SOCI

Soci ammessi dal 1° novembre al 31 dicembre 1904

SEZIONE DI MILANO.

SOCI INDIVIDUALI.

Alessandri ing. Eugenio, Società Ceramica Richard-Ginori, Stabilimento di Doccia, Sesto Fiorentino.
Banfi ing. Enrico, 21, via Castiglia, Milano.
Belotti ing. Sante, 9, via Sant'Antonio, Milano.
Garfield A. S., 10, rue de Londres, Parigi.
Ghetti ing. Ottaviano, 10, via Lecco, Milano.
Pollak Carlo, 5, piazza Castello, Milano.

SEZIONE DI NAPOLI.

SOCI INDIVIDUALI.

Bellini dott. Ettore, Laboratorio Elettrico della Direzione di Artiglieria ed Armamenti, Spezia.
D'Agostino ing. Gustavo, R. Ispettorato delle Strade Ferrate, Napoli.
De Simone ing. Francesco, 44, via Cisterna dell'Olio, Napoli.

SEZIONE DI ROMA.

SOCI INDIVIDUALI.

Bernieri Mario, Società Generale Italiana di Telefoni ed Applicazioni Elettriche, Firenze.
Santacroce ing. Lorenzo, Pratola Peligna.

SOCI STUDENTI.

Belli Mario, 11, via Principe Amedeo, Roma.

Digitized by Google

SEZIONE DI TORINO.

SOCI INDIVIDUALI.

Botto ing. Ugo, 46, via XX Settembre, Torino.
Giustiniani ing. Aldo, Società Nazionale Officine di Savigliano, Barriera di Lanzo, Torino.
Tarella ing. Carlo Alberto, 4, via Benedetto Cairoli, Novara.

SOCI COLLETTIVI.

Ditta Ainardi Romano e C., 11, via San Secondo, Torino.

Soci esistenti al 31 ottobre 1904			N. 1132
Soci ammessi dal 1° novembre al 31 dicembre 1904	individuali	„	14
	collettivi	„	1
	studenti	„	1
TOTALE al 31 dicembre 1904			N. 1148

ISTITUTO di FISICA
della R. UNIVERSITÀ - ROMA

Prof. Moisè Ascoli, *Redattore-responsabile*

Roma - Tip. dell'Unione Cooperativa Editrice - Via Federico Cesi, 45.

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA
Istituto di Fisica "Guglielmo Marconi"
BIBLIOTECA

ISTITUTO DI FISICA
DELL' UNIVERSITA'
ROMA
Inventario N. 8416

(X-74)

Digitized by Google

ISTITUTO DI FISICA
DELLA R. UNIVERSITÀ
ROMA

Inventario N.

Digitized by Google

Digitized by Google